



# **Implicação das Alterações Legislativas ao Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação nas Soluções Construtivas**

**LUÍS MIGUEL GONÇALVES LEMOS**

julho de 2016

# Implicação das Alterações Legislativas ao Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação nas Soluções Construtivas

Luís Miguel Gonçalves Lemos

Dissertação submetida para a obtenção do grau de  
Mestre em Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica

30 de julho de 2016



Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio do 2º ano do  
Mestrado em Energias Sustentáveis

Candidato: Luís Miguel Gonçalves Lemos, N° 1090171, [1090171@isep.ipp.pt](mailto:1090171@isep.ipp.pt)

Orientação Científica: Eng<sup>a</sup> Teresa Isabel Moreira de Carvalho Amorim Neto Silva,  
[tis@isep.ipp.pt](mailto:tis@isep.ipp.pt)

Mestrado em Energias Sustentáveis  
Departamento de Engenharia Mecânica





*Gostaria de dedicar esta dissertação à minha família por todo o apoio que me tem vindo a dar ao longo de todo o meu percurso académico e profissional, mas acima de tudo gostaria de dedicar este trabalho à minha namorada que sempre se mostrou interessada, preocupada e colaborante em ajudar-me a vencer mais uma etapa da minha vida.*



## *Agradecimentos*

A concretização desta dissertação só foi possível graças à contribuição direta ou indireta de várias pessoas, às quais gostaria de exprimir o meu profundo agradecimento pela forma como contribuíram para o sucesso desta fase final do meu percurso académico.

Começo por agradecer a todo o corpo docente do Mestrado em Energias Sustentáveis, que contribuíram para a aquisição dos melhores conhecimentos durante os últimos dois anos.

À Engenheira Teresa Neto que de forma extremamente profissional, competente e dedicada, sempre se mostrou disponível para esclarecer as dúvidas que foram surgindo, contribuindo sempre com um parecer orientador com a finalidade de enriquecer não só o trabalho, mas também a forma de enfrentar as adversidades que foram surgindo.

À Engenheira Isabel Teles, pelo contributo e conhecimento partilhado ao nível da definição da solução estrutural adotada para habitação em estudo.

Ao meu Chefe direto, Major Enfermeiro Costa Moreira, pela tolerância e apoio concedido nos períodos de ausência.

À minha família, namorada e amigos que sempre me apoiaram na concretização dos meus objetivos.



## *Resumo*

A presente dissertação centra-se no estudo das implicações originadas, ao nível das soluções construtivas presentes na envolvente dos edifícios de habitação, pelas recentes alterações efetuadas ao Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH).

Com o intuito de aferir o desempenho energético, através da aplicação do REH, considerou-se como caso de estudo um edifício de habitação novo, unifamiliar com tipologia T3, localizado a cerca de 10 metros acima do nível médio das águas do mar e na periferia da zona urbana de Vila Nova de Gaia.

Após o levantamento das necessidades energéticas do edifício em estudo, realizaram-se diversas simulações, com o intuito de identificar e quantificar as alterações provocadas pela entrada em vigor da Portaria 379-A/2015, de 22 de outubro.

Inicialmente estudou-se o comportamento térmico da habitação unifamiliar admitindo diferentes soluções construtivas: as soluções que cumpriam com as exigências em vigor até ao final de 2015 e as que cumprem as imposições atuais. Desta forma tentou perceber-se quais as implicações dessas alterações nas necessidades energéticas da habitação.

Em seguida, e utilizando o mesmo conceito da simulação inicial, fez-se um estudo considerando que a fração se situava nas diferentes zonas climáticas existentes em Portugal. Para que tal fosse possível, teve que se considerar a implantação da habitação em diferentes localizações geográficas e a diferentes altitudes.

Também se procurou avaliar a importância que as pontes térmicas planas assumem nas transferências de calor, nas duas estações. Assim, foi necessário fazer um pré-dimensionamento da solução estrutural adotada, quantificar a área destes elementos e o respetivo coeficiente de transmissão. Quantificou-se, posteriormente, quais as necessidades energéticas obtidas com a solução estrutural perfeitamente definida e as que se obteriam se se desprezasse a sua existência.

Com as análises comparativas dos diferentes resultados obtidos, verificou-se que as atualizações das exigências regulamentares a que os edifícios de habitação estão sujeitos originam grande impacto nos sistemas construtivos adotados.

***Palavras-Chave***

Eficiência energética, Necessidades energéticas, REH, Soluções construtivas







## *Abstract*

This dissertation focuses on the study of the implications, arising at the level of constructive solutions present in the surrounding of residential buildings, caused by the recent changes to the Regulation of Energy Performance of Buildings Housing (REH).

In order to assess the energy performance through the application of REH, it was considered as a case study a new residential building, detached with type T3, located about 10 meters above the average sea level, and on the edge of the urban area of Vila Nova de Gaia.

After assessing the energetic needs of the building under study, several simulations were performed in order to identify and quantify the changes brought by the entry into force of Portaria 379-A/2015, from 22 October.

Initially we studied the thermal behaviour of the single-family house admitting different constructive solutions: solutions that met the requirements in force until the end of 2015 and those that meet the current requirements. In this way we tried to realize which were the implications of these changes in energetic housing needs.

Then, using the same concept of the initial simulation, we did a study considering that the fraction was located in different Portuguese climatic zones. To make it possible, we had to consider the implementation of the house in different geographic locations and at different altitudes.

It was also our intention to assess the importance of the flat thermal bridges in heating transfers, during the two seasons. Thus, it was necessary to make a pre-sizing of the structural solution adopted, to quantify the area of these elements and its respective transmission coefficient. It was quantified, in a later stage, what were the energetic needs obtained with the perfectly defined structural solution and the ones which would be obtained if we despise your existence.

With the comparative analysis of different results, it was found that the updates of the regulatory requirements to which the residential buildings are subject, originate a major impact on the construction systems adopted.

***Key Words***

Energy efficiency, Energetic needs, REH, Constructive solutions

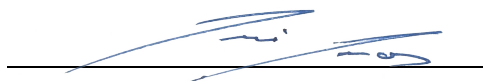




## *Declaração*

Luís Miguel Gonçalves Lemos declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas, com identificação da fonte.

*30 de julho de 2016*





# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIII</b>
<b>DECLARAÇÃO</b> .....	<b>XVII</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>XIX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XXIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XXVII</b>
<b>NOMENCLATURA</b> .....	<b>XXXIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	4
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	5
<b>2. ENQUADRAMENTO LEGAL</b> .....	<b>7</b>
<b>3. METODOLOGIA DE CÁLCULO DE ACORDO COM O REH</b> .....	<b>13</b>
3.1. ZONAMENTO CLIMÁTICO.....	13
3.1.1. Estação de aquecimento.....	17
3.1.2. Estação de arrefecimento.....	18
3.2. ENVOLVENTE.....	20
3.3. REQUISITOS MÍNIMOS DE QUALIDADE TÉRMICA.....	22
3.3.1. Envolvente opaca em zona corrente.....	22
3.3.2. Pontes térmicas planas.....	24
3.3.3. Vãos envidraçados .....	24
3.3.4. Requisitos mínimos da taxa de renovação de ar.....	30
3.3.5. Sistemas técnicos.....	30
3.3.6. Sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis.....	36
3.3.7. Requisitos e valores de referência.....	38
3.4. BALANÇO ENERGÉTICO NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO .....	38
3.4.1. Transferência de calor por transmissão .....	39
3.4.2. Transferência de calor por ventilação .....	43
3.4.3. Ganhos térmicos úteis.....	47
3.4.4. Inércia térmica .....	50
3.4.5. Necessidades anuais de energia útil para aquecimento ambiente .....	53
3.5. BALANÇO ENERGÉTICO NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO .....	55



3.5.1.	<i>Transferência de calor por transmissão</i>	56
3.5.2.	<i>Transferência de calor por ventilação</i>	57
3.5.3.	<i>Ganhos térmicos úteis</i>	57
3.5.4.	<i>Necessidades anuais de energia útil para arrefecimento ambiente</i>	61
3.6.	NECESSIDADES DE ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DE AQS	62
3.7.	ENERGIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS	62
3.8.	ENERGIA ELÉTRICA NECESSÁRIA AO FUNCIONAMENTO DOS VENTILADORES	63
3.9.	NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA	64
3.10.	VERIFICAÇÕES REGULAMENTARES E CLASSE ENERGÉTICA	66
<b>4.</b>	<b>CASO DE ESTUDO</b>	<b>69</b>
4.1.	DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO	69
4.2.	ZONAMENTO CLIMÁTICO	71
4.2.1.	<i>Estação de aquecimento</i>	71
4.2.2.	<i>Estação de arrefecimento</i>	72
4.3.	ÁREAS E DIMENSÕES	73
4.4.	ENVOLVENTE DA FRAÇÃO	75
4.5.	CARACTERIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS	78
4.5.1.	<i>Paredes exteriores</i>	78
4.5.2.	<i>Paredes interiores para a garagem</i>	80
4.5.3.	<i>Pavimento</i>	80
4.5.4.	<i>Cobertura</i>	81
4.5.5.	<i>Portas</i>	81
4.5.6.	<i>Envidraçados</i>	82
4.5.6.1.	<i>Vãos envidraçados verticais</i>	83
4.5.6.2.	<i>Vãos envidraçados horizontais (Claraboias)</i>	86
4.5.7.	<i>Pontes térmicas</i>	88
4.5.8.	<i>Inércia térmica</i>	90
4.6.	REQUISITOS MÍNIMOS DE QUALIDADE TÉRMICA	91
4.6.1.	<i>Envolvente opaca</i>	91
4.6.2.	<i>Envolvente envidraçada</i>	92
4.6.3.	<i>Requisitos mínimos da taxa de renovação de ar</i>	94
4.7.	ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO	95
4.8.	ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO	103
4.9.	NECESSIDADES DE ENERGIA PARA PREPARAÇÃO DE AQS	106
4.10.	NECESSIDADES DE ENERGIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA	106
4.11.	ENERGIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS	106
4.12.	NECESSIDADES DE ENERGIA PRIMÁRIA	107
4.13.	CLASSE ENERGÉTICA	109
4.14.	FOLHAS DE CÁLCULO	109
4.15.	ANÁLISES COMPARATIVAS	111
4.15.1.	<i>Implicações das alterações legislativas ocorridas em 2016</i>	111
4.15.1.1.	<i>Discussão de resultados</i>	115
4.15.2.	<i>Análise comparativa para as diferentes zonas climáticas</i>	119

4.15.2.1.	<i>Discussão de resultados.....</i>	<i>126</i>
4.15.3.	<i>Influência da quantificação das PTP no desempenho térmico da habitação.....</i>	<i>131</i>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>137</b>
	<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS .....</b>	<b>141</b>
	<b>ANEXO A. FICHA TÉCNICA – CUPOLEX .....</b>	<b>145</b>
	<b>ANEXO B. FICHA TÉCNICA – PORTAS.....</b>	<b>149</b>
	<b>ANEXO C. FICHA TÉCNICA – VIDROS .....</b>	<b>154</b>
	<b>ANEXO D. FICHA TÉCNICA – CAIXILHOS.....</b>	<b>158</b>
	<b>ANEXO E. APLICAÇÃO LNEC – VENTILAÇÃO REH E RECS .....</b>	<b>162</b>
	<b>ANEXO F. GANHOS SOLARES PELOS VÃOS ENVIDRAÇADOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO .....</b>	<b>167</b>
	<b>ANEXO G. GANHOS SOLARES PELA ENVOLVENTE OPACA NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO .....</b>	<b>170</b>
	<b>ANEXO H. RELATÓRIO - SOFTWARE SCE.ER.....</b>	<b>173</b>
	<b>ANEXO I. FOLHA DE CÁLCULO FORNECIDA PELA ORIENTADORA.....</b>	<b>177</b>
	<b>ANEXO J. FOLHA DE CÁLCULO ITECONS .....</b>	<b>194</b>
	<b>ANEXO K. RELATÓRIO – SOFTWARE SOLTERM.....</b>	<b>241</b>
	<b>ANEXO L. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS – HIPÓTESE I.....</b>	<b>247</b>
	<b>ANEXO M. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS – HIPÓTESE II .....</b>	<b>250</b>
	<b>ANEXO N. SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS – HIPÓTESE III.....</b>	<b>253</b>



## *Índice de Figuras*

Figura 1 - Certificados energéticos emitidos por classe energética para edifícios de habitação, conforme os requisitos para 2013.....	2
Figura 2 - Certificados energéticos emitidos por classe energética para edifícios de habitação, conforme os requisitos para 2016.....	3
Figura 3 - Evolução dos diferentes documentos legislativos (Neto, 2015) .....	8
Figura 4 - Evolução das alterações ao Decreto-Lei n.º 118/2013 (Neto, 2015) .....	9
Figura 5 - Zonas climáticas de inverno e verão, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013)...	16
Figura 6 - Ângulos da obstrução horizontal e vertical, respetivamente .....	29
Figura 7 – Planta do R/C .....	70
Figura 8 - Planta da Cobertura.....	70
Figura 9 - Alçado principal.....	71
Figura 10 - Áreas do pavimento distribuídas por pé direito .....	73
Figura 11 - Esquema de cores para definição da envolvente .....	76
Figura 12 - Delimitação da envolvente na planta do R/C.....	76
Figura 13 - Delimitação da envolvente no perfil 1 .....	77
Figura 14 - Delimitação da envolvente no perfil 2 .....	77
Figura 15 - Delimitação da envolvente no perfil 3 .....	77
Figura 16 - Delimitação da envolvente no perfil 4.....	77
Figura 17 - Pormenor construtivo das paredes exteriores na zona corrente .....	78
Figura 18 - Pormenor construtivo das paredes exteriores na zona de PTP (Pilares).....	79
Figura 19 - Pormenor construtivo das paredes exteriores na zona de PTP (Vigas) .....	79
Figura 20 - Pormenor construtivo das paredes interiores na zona de ENU .....	80
Figura 21 - Pormenor construtivo do pavimento.....	80
Figura 22 - Pormenor construtivo da cobertura.....	81
Figura 23 - Solução estrutural adotada .....	89
Figura 24 - Sombreamentos por elementos verticais .....	93
Figura 25 - Sombreamento no horizonte dos vãos envidraçados orientados a Este.....	100
Figura 26 - Sombreamento no horizonte do envidraçado EnvWCA2.....	101
Figura 27 - Classe energética da habitação .....	109
Figura 28 - Gráfico representativo das necessidades nominais de energia da análise A – Zona Climática IIV2 .....	116
Figura 29 - Gráfico representativo da percentagem de utilização das necessidades máximas de energia da análise A – Zona Climática IIV2.....	118
Figura 30 - Distribuição geográfica das zonas climáticas consideradas (Google earth) ...	119

Figura 31 – Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I1V3 .....	126
Figura 32 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I2V1 .....	127
Figura 33 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I2V2 .....	128
Figura 34 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I2V3 .....	129
Figura 35 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I3V1 .....	129
Figura 36 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I3V2 .....	130
Figura 37 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I3V3 .....	130
Figura 38 - Representação gráfica das perdas térmicas presentes na habitação em estudo .....	134
Figura 39 - Representação gráfica dos ganhos térmicos presentes na habitação em estudo .....	134
Figura 40 - Necessidades energéticas resultantes da consideração de zonas de PTP .....	135





## Índice de Tabelas

Tabela 1 - NUTS III, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013) .....	14
Tabela 2 - Critérios para a determinação da zona climática de inverno, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013).....	16
Tabela 3 - Critérios para a determinação da zona climática de verão, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013).....	16
Tabela 4 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013) .....	17
Tabela 5 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013).....	19
Tabela 6 - Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis, $b_{tr}$ , (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	22
Tabela 7 - Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis de elementos opacos, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	23
Tabela 8 - Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis de vãos envidraçados, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	24
Tabela 9 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	25
Tabela 10 - Fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013) .....	26
Tabela 11 - Valores correntes do fator solar de vão envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	27
Tabela 12 - Coeficiente de absorção da radiação solar, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	28
Tabela 13 - Valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais $F_o$ na estação de arrefecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	29
Tabela 14 - Valores dos fatores de sombreamento de elementos verticais $F_f$ na estação de arrefecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	29
Tabela 15 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm), (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	31
Tabela 16 - Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	31
Tabela 17 - Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	32
Tabela 18 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	32
Tabela 19 - Classificação do desempenho de unidades <i>split</i> , <i>multisplit</i> , <i>VRF</i> e compactas, com permuta ar-ar, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015).....	33



Tabela 20 - Classificação do desempenho de unidades <i>split</i> , <i>multisplit</i> e compactas, com permuta ar-água, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015).....	33
Tabela 21 - Classificação do desempenho de unidades do tipo <i>Rooftop</i> , (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	34
Tabela 22 - Classificação do desempenho de unidades do tipo <i>chiller</i> bomba de calor de compressão, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015).....	34
Tabela 23 - Requisitos mínimos de eficiência de caldeiras, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015).....	35
Tabela 24 - Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015).....	35
Tabela 25 - Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores $Q_{pr}$ , (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	36
Tabela 26 - Valores de eficiência de termoacumuladores em função de $Q_{pr}$ , (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	36
Tabela 27 - Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015).....	37
Tabela 28 - Requisitos e valores de referência a considerar em função do contexto do edifício e data do início do processo de licenciamento ou autorização de edificação, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015).....	38
Tabela 29 - Coeficientes de transmissão térmica linear, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013) .....	39
Tabela 30 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento térmico, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013) .....	41
Tabela 31 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral horizontal, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013) .....	42
Tabela 32 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral vertical, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013) .....	42
Tabela 33 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	43
Tabela 34 - Constante da curva característica de condutas de ventilação natural, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	46
Tabela 35 - Fator de orientação para as diferentes exposições, (Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013).....	47
Tabela 36 - Fração envidraçada, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	48
Tabela 37 - Valores dos fatores de sombreamento do horizonte $F_h$ na estação de aquecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	49
Tabela 38 - Valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais $F_o$ na estação de aquecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013) .....	49

Tabela 39 - Valores dos fatores de sombreamento de elementos verticais $F_f$ na estação de aquecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	50
Tabela 40 - Classes de inércia térmica, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013) .....	51
Tabela 41 - Massa superficial útil dos diferentes elementos e respetivo limite .....	52
Tabela 42 - Fator de redução da massa superficial dos diferentes elementos .....	53
Tabela 43 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	54
Tabela 44 - Coeficientes de transmissão térmica linear de referência, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	55
Tabela 45 - Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013) .....	58
Tabela 46 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	59
Tabela 47 - Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma fachada ventilada e o valor do coeficiente de absorção do parâmetro exterior, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013) .....	59
Tabela 48 - Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma cobertura em desvão e o valor do coeficiente de absorção da cobertura exterior, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013).....	60
Tabela 49 - Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação do $N_t$ , (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015) .....	65
Tabela 50 - Classes energéticas por intervalos de valor de $R_{Nt}$ , (Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013).....	67
Tabela 51 - Caracterização dos vãos envidraçados .....	82
Tabela 52 - Valor de $\psi$ para diferentes tipos de caixilharia e de vidros, (EN 10077-1).....	84
Tabela 53 – Valores de $\Delta R$ para os diferentes tipos de dispositivos de proteção solar, (EN 10077-1) .....	85
Tabela 54 - Valores de $\Delta R$ para os diferentes níveis de permeabilidade do dispositivo de oclusão, (Pinto, 2002).....	85
Tabela 55 – Caracterização dos elementos que originam pontes térmicas planas .....	89
Tabela 56 - Classe de inércia térmica.....	90
Tabela 57 – Verificação dos requisitos mínimos de qualidade da envolvente opaca.....	91
Tabela 58 – Primeira verificação regulamentar dos vãos envidraçados.....	92
Tabela 59 - Segunda verificação regulamentar dos vãos envidraçados .....	94
Tabela 60 – Perdas de calor por transmissão nas paredes exteriores .....	95
Tabela 61 - Perdas de calor por transmissão na cobertura .....	95
Tabela 62 - Perdas de calor por transmissão nos vãos envidraçados .....	95
Tabela 63 - Perdas de calor por transmissão nas PTL.....	96
Tabela 64 - Perdas de calor por transmissão nas paredes em contacto com ENU .....	96
Tabela 65 - Perdas de calor por transmissão no pavimento em contacto com ENU .....	96

Tabela 66 - Perdas de calor por transmissão nas PTL associadas aos ENU .....	97
Tabela 67 - Perdas de calor por renovação de ar (Aquecimento) .....	98
Tabela 68 - Ganhos de calor internos (Aquecimento).....	98
Tabela 69 - Ganhos solares brutos (Aquecimento) .....	99
Tabela 70 - Sombreamentos na estação de aquecimento .....	100
Tabela 71 – Perdas por transmissão pela envolvente exterior, de referência.....	102
Tabela 72 - Perdas por transmissão pela envolvente interior, de referência .....	102
Tabela 73 - Verificação regulamentar das necessidades nominais de energia útil para aquecimento .....	103
Tabela 74 - Perdas de calor por renovação de ar (Arrefecimento).....	104
Tabela 75 - Ganhos de calor internos (Arrefecimento).....	104
Tabela 76 - Verificação regulamentar das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento .....	105
Tabela 77 - Necessidades de energia para preparação de AQS .....	106
Tabela 78 - Verificação regulamentar das necessidades de energia primária.....	109
Tabela 79 - Necessidades nominais de energia da Hipótese I.....	112
Tabela 80 - Necessidades nominais de energia da Hipótese II – 1ª abordagem .....	113
Tabela 81 - Necessidades nominais de energia da Hipótese II – 2ª abordagem .....	113
Tabela 82 - - Necessidades nominais de energia da Hipótese II – 3ª abordagem .....	114
Tabela 83 - Necessidades nominais de energia da Hipótese II – 4ª abordagem .....	114
Tabela 84 - Necessidades nominais de energia da Hipótese III – 1ª abordagem.....	114
Tabela 85 - Necessidades nominais de energia das diferentes simulações .....	115
Tabela 86 - Zonas climáticas, NUTS III, localidades e altitudes consideradas .....	120
Tabela 87 - Necessidades nominais de energia obtidas sem alteração das soluções construtivas, para a legislação em vigor a partir de 2016.....	120
Tabela 88 - Necessidades nominais de energia obtidas sem alteração das soluções construtivas, para a legislação em vigor até 2015.....	121
Tabela 89 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I1V3 ..	123
Tabela 90 - Alterações das soluções construtivas de acordo com as imposições regulamentares atualizadas, para a Zona Climática I2V1.....	123
Tabela 91 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I2V1 ..	123
Tabela 92 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I2V2 ..	124
Tabela 93 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I2V3 ..	124
Tabela 94 - Alterações das soluções construtivas de acordo com as imposições regulamentares atualizadas, para a Zona Climática I3V1.....	125
Tabela 95 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I3V1 ..	125
Tabela 96 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I3V2 ..	125
Tabela 97 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I3V3 ..	126

Tabela 98 - Análise das contribuições das pontes térmica planas na estação de aquecimento .....	132
Tabela 99 - Análise das contribuições das pontes térmica planas na estação de arrefecimento .....	133
Tabela 100 – Análise das alterações das necessidades energéticas, provocadas pela existência de pontes térmicas planas .....	133



## *Nomenclatura*

$A$	– Área do elemento $i$ da envolvente, medida pelo interior do edifício, [m <sup>2</sup> ];
ADENE	– Agência para a Energia;
$A_f$	– Área do caixilho, [m <sup>2</sup> ];
$A_g$	– Área do vidro, [m <sup>2</sup> ];
$A_i$	– Área dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil, [m <sup>2</sup> ];
$A_{env}$	– Soma das áreas dos vãos envidraçados que servem o compartimento, [m <sup>2</sup> ];
$A_{op}$	– Área do elemento da envolvente opaca exterior, [m <sup>2</sup> ];
$A_{pav}$	– Área de pavimento do compartimento servido pelo(s) vão(s) envidraçado(s), [m <sup>2</sup> ];
$A_p$	– Área interior útil de pavimento do edifício medida pelo interior, [m <sup>2</sup> ];
AQS	– Águas Quentes Sanitárias;
$A_u$	– Área dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior, [m <sup>2</sup> ];
AVAC	– Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;
$A_w$	– Área total do vão envidraçado, incluindo o vidro e caixilho, [m <sup>2</sup> ];
$B$	– Desenvolvimento linear da ponte térmica linear $i$ , medido pelo interior do edifício, [m];
btr	– Coeficiente de redução de redução de perdas;

$b_{ve,i}$	– Fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor;
COP	– Coeficiente de desempenho;
DL	– Decreto-Lei;
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia;
DPEST	– Dissertação/ Projeto/ Estágio;
EER	Rácio de eficiência energética;
ENU	– Espaço Não Útil;
$E_{ren}$	Energia produzida a partir de fontes de energia renovável [kWh/ano]
$f$	– Espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas;
$f_k$	– Parcela das necessidades de energia útil supridas pelo sistema $k$ ;
$F$	– Espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas;
$f_{eh}$	– Fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo setor das instalações prediais;
$F_f$	– Fator de sombreamento por elementos verticais adjacentes ao envidraçado, compreendendo palas verticais, outros corpos ou partes de um edifício;
$F_g$	– Fração envidraçada do vão envidraçado, obtida de acordo com o despacho que procede à publicação dos parâmetros térmicos;
$F_h$	– Fator de sombreamento do horizonte por obstruções exteriores ao edifício ou por outros elementos do edifício;

$F_{mv}$	– Frações de tempo em que os dispositivos de proteção solar móveis se encontram totalmente ativados;
$F_o$	– Fator de sombreamento por elementos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, compreendendo palas e varandas;
$F_{pu}$	– Fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, [kWh <sub>EP</sub> /kWh];
$F_{s,i}$	– Representa a redução na radiação solar que incide no vão envidraçado devido ao sombreamento permanente causado por obstáculos;
$F_{s,i_{nj}}$	– Fator de obstrução do vão envidraçado $n$ com orientação $j$ na estação de aquecimento;
$F_{s,v_{nj}}$	– Fator de obstrução da superfície do elemento $n$ com orientação $j$ ;
$F_w$	– Fator de seletividade angular;
$g_i$	– Fator solar do vão na estação de aquecimento;
$g_v$	– Fator solar do vão na estação de arrefecimento;
$g_{vref}$	– Fator solar de referência para a estação de arrefecimento = 0,43;
$g_{iint}$	– Fator solar na estação de aquecimento, do vão envidraçado interior;
$g_{ienu}$	– Fator solar na estação de aquecimento, do vão envidraçado do espaço não útil;
$g_{Tp}$	– Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar permanentes existentes;
$g_T$	– Fator solar global do vão envidraçado com todos os dispositivos de proteção solar, permanentes, ou móveis totalmente ativados;
$g_{Tmax}$	– Fator solar global máximo admissível dos vãos envidraçados;



$g_{Tvc}$	– Fator solar do vão envidraçado com vidro corrente e um dispositivo de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado, para uma incidência solar normal à superfície do vidro;
$g_{\perp,vi}$	– Fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro, conforme informação do fabricante;
GD	– Número de graus-dias, na base de 18 °C, correspondente à estação convencional de aquecimento [°C.dia];
$G_{Sul}$	– Energia solar média mensal durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul [kWh/m <sup>2</sup> .mês];
$j$	– Índice que corresponde a cada uma das orientações;
$l_g$	– Perímetro de ligação entre o caixilho e o vidro, [m];
LNEC	– Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
$L_v$	– Duração da estação de arrefecimento = 4 meses = 2929 horas;
$H_{adj}$	– Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com edifícios adjacentes, [W/°C];
$H_{ecs}$	– Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o solo, [W/°C];
$H_{enu}$	– Coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis, [W/°C];
$H_{ext}$	– Coeficiente global de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior, [W/°C];
$H_f$	– Número de horas de funcionamento dos ventiladores durante um ano (h). Por defeito considera-se que os ventiladores funcionam 24h/dia, devendo ser tomado o valor de 8760 h, sendo que, nos sistemas de ventilação híbridos, pode ser adotado outro valor desde que seja

fundamentado com uma estimativa anual do funcionamento da ventilação da fração;

- $H_{tr,i}$  – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento, [W/°C];
- $H_{tr,v}$  – Coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento, [W/°C];
- $H_{ve,i}$  – Coeficiente de transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [W/°C];
- $I_{sol}$  – Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal com inclinação 0°, e em superfícies verticais com inclinação 90°, orientadas em oito direções cardeais, [kWh/m<sup>2</sup>];
- $I_{sol\ ref}$  – Radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a Oeste, de acordo com Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia [kWh/(m<sup>2</sup>.ano)];
- $I_t$  – Massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento, [kg/m<sup>2</sup>];
- ITeCons Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção;
- M – Duração da estação de aquecimento [meses];
- $M_{AQS}$  Consumo médio diário de referência [litros];
- $m_i$  – Massa do elemento desde o isolamento até à face interior [kg/m<sup>2</sup>];
- $m_{pi}$  – Massa do elemento desde a caixa de ar até à face interior [kg/m<sup>2</sup>];
- $M_{si}$  – Massa superficial útil do elemento  $i$ , [kg/m<sup>2</sup>];
- mt – Massa total do elemento [kg/m<sup>2</sup>];
- $n$  – Índice que corresponde a cada uma das superfícies com a orientação  $j$ ;

$n_d$	– Número anual de dias de consumo de AQS = 365 dias;
$N_i$	– Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/m <sup>2</sup> .ano];
$N_{ic}$	– Necessidades nominais de energia útil para aquecimento [kWh/m <sup>2</sup> .ano];
$N_t$	– Valor limite regulamentar para as necessidades nominais anuais de energia primária [kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)];
$N_{tc}$	– Valor das necessidades nominais anuais de energia primária [kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)];
$N_v$	– Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/m <sup>2</sup> .ano];
$N_{vc}$	– Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento [kWh/m <sup>2</sup> .ano];
NUTS	– Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos;
P	– Perímetro exposto;
Pd	– Pé direito médio da fração, [m];
PM	– Plano de Manutenção;
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética;
PQ	– Perito Qualificado;
PTL	– Ponte Térmica Linear;
PTP	– Ponte Térmica Plana;
$q_{int}$	– Ganhos internos médios;
$Q_a$	– Necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k, [kWh/ano];

- $Q_{g,i}$  – Ganhos térmicos brutos na estação de aquecimento, [kWh];
- $Q_{g,v}$  – Ganhos térmicos brutos na estação de arrefecimento, [kWh];
- $Q_{gu,i}$  – Ganhos térmicos úteis na estação de aquecimento resultantes dos ganhos solares através dos vãos envidraçados, da iluminação, dos equipamentos e dos ocupantes, [kWh];
- $q_{int}$  – Ganhos internos médios = 4 W/ m<sup>2</sup>;
- $Q_{int,i}$  – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de aquecimento, [kWh];
- $Q_{int,v}$  – Ganhos térmicos associados a fontes internas de calor, na estação de arrefecimento, [kWh];
- $Q_{pr}$  – Perdas estáticas do equipamento, [kWh];
- $Q_{sol,i}$  – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar pelos vãos envidraçados, na estação de aquecimento, [kWh];
- $Q_{sol,v}$  – Ganhos térmicos associados ao aproveitamento da radiação solar incidente na envolvente exterior opaca e envidraçada, [kWh];
- $Q_{tr,i}$  – Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento através da envolvente dos edifícios, [kWh];
- $Q_{tr,v}$  – Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento através da envolvente dos edifícios, [kWh];
- $Q_{ve,i}$  – Transferência de calor por ventilação na estação de aquecimento, [kWh];
- $Q_{ve,v}$  – Transferência de calor por ventilação na estação de arrefecimento, [kWh];
- $r$  – Fator de redução da massa superficial;

R	– Resistência térmica do revestimento superficial interior;
RCCTE	– Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;
REH	– Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação;
RECS	– Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços;
$R_{Nt}$	– Rácio da classe energética;
$R_{ph}$	– Taxa nominal de renovação de ar interior, [h <sup>-1</sup> ];
RSECE	– Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;
$s_i$	– Área da superfície interior do elemento i, [m <sup>2</sup> ];
SCE	– Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
SCE.ER	– Dados e cálculos padronizados para sistemas de aproveitamento de Energias Renováveis;
$U$	– Coeficiente de transmissão térmica do elemento i da envolvente, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{bf}$	– Coeficiente de transmissão térmica do pavimento enterrado, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{bw}$	– Coeficiente de transmissão térmica da parede em contacto com o solo, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{cor}$	– Coeficiente de transmissão térmica da solução corrente, [W/m <sup>2</sup> .°C];
UE	– União Europeia;
$U_{envolvente}$	– Coeficiente de transmissão térmica da envolvente, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_f$	– Coeficiente de transmissão térmica do caixilho, [W/m <sup>2</sup> .°C];

$U_g$	– Coeficiente de transmissão térmica do vidro, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{wh}$	– Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçados horizontal, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{max}$	– Coeficiente de transmissão térmica máximo, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{PTP}$	– Coeficiente de transmissão térmica na zona de PTP, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{ref}$	– Coeficiente de transmissão térmica de referência, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_w$	– Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, aplicável a locais sem ocupação noturna, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{wd}$	– Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado sem dispositivo de proteção solar ou oclusão noturna ativado, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{wn}$	– Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com dispositivo de proteção solar ou oclusão noturna, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$U_{wdn}$	– Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado, aplicável a locais com ocupação noturna, [W/m <sup>2</sup> .°C];
$V_{enu}$	– Volume do espaço não útil, [m <sup>3</sup> ];
$V_f$	– Caudal de ar médio diário escoado através do ventilador, [m <sup>3</sup> /h];
$\dot{V}_{ins}$	– Valor médio diário do caudal de ar insuflado através do sistema de recuperação de calor, [m <sup>3</sup> /h];
$W_{vm}$	– Consumo de energia elétrica de funcionamento dos ventiladores, [kWh/ano];
$X_j$	– Fator de orientação para as diferentes exposições;
$z$	– Altitude [m];
$z_j$	– Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo, [m];

$a$	– Coeficiente de absorção de radiação solar da superfície do elemento da envolvente opaca;
$\theta_{enu}$	– Temperatura do local não útil, [°C];
$\theta_{ext}$	– Temperatura ambiente exterior, [°C];
$\theta_{int}$	– Temperatura interior, [°C];
$\Delta T$	– Aumento de temperatura [°C];
$\Delta P$	– Diferença de pressão total do ventilador [Pa];
$\Delta R$	– Resistência térmica adicional [(m <sup>2</sup> °C)/W];
$\psi$	– Coeficiente de transmissão térmica linear, [W/(m°C)];
$\psi_g$	– Coeficiente de transmissão térmica linear relativo à ligação entre o caixilho e o vidro, [W/ (m°C)];
$\eta_i$	– Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de aquecimento;
$\eta_{tot}$	– Rendimento total de funcionamento do ventilador;
$\eta_v$	– Fator de utilização dos ganhos térmicos na estação de arrefecimento;
$\eta_{RC}$	– Rendimento do sistema de recuperação de calor;
$\eta_{ref,k}$	– Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS;







# 1. Introdução

Os países serão mais competitivos à medida que aumentarem a sua eficiência energética, consumindo menos energia por unidade de produto realizado ou de serviço prestado. Este é o cenário atual dos países desenvolvidos, particularmente no setor industrial. No entanto, nos setores dos transportes e dos edifícios, incluindo as habitações, a situação é diferente, pois a eficiência energética não está a evoluir como seria desejável (ADENE, 2016a).

De acordo com os dados de 2011, existiam em Portugal cerca de 3,5 milhões de edifícios, contribuindo em cerca de 17,7% do consumo de energia final em termos nacionais, representando cerca de 30% do consumo de eletricidade, o que evidencia, desde logo, a necessidade de moderar especialmente o consumo elétrico.

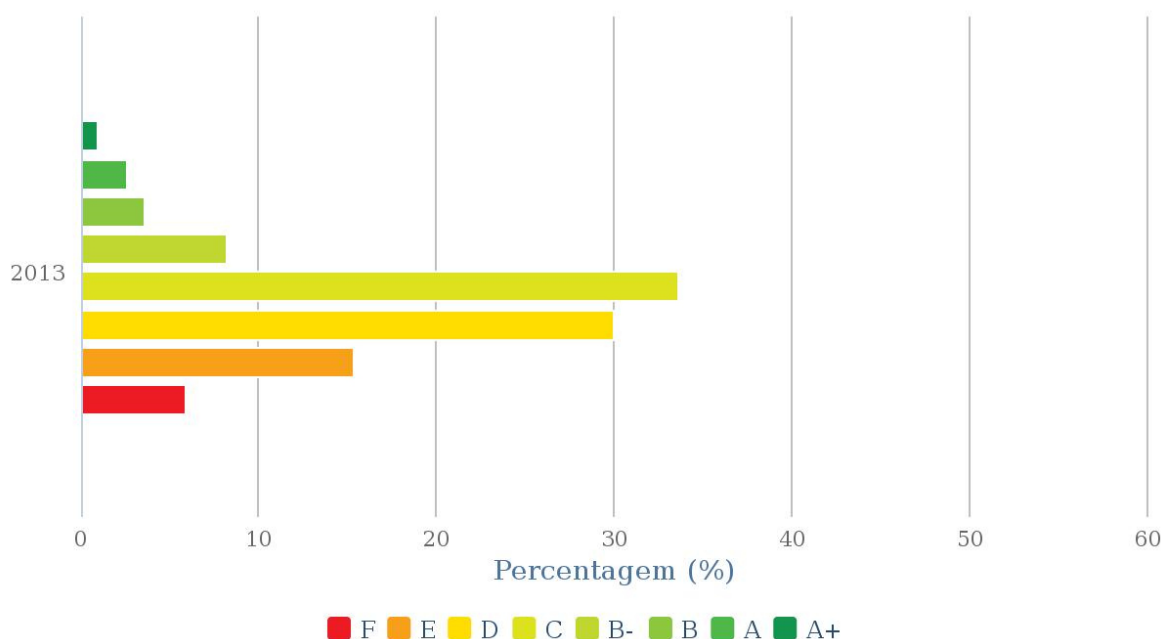
Conforme os dados publicados no inquérito ao consumo de energia no setor doméstico, o aquecimento do ambiente surge como o tipo de utilização menos dispendiosa, face ao consumo de energia associado (21,5% do consumo correspondente a apenas 10,7% da despesa). o arrefecimento do ambiente corresponde à mais pequena parcela de consumo, cerca de 0,5%, correspondendo à despesa de 0,7%. O consumo energético para aquecimento de águas corresponde a 23,5% do consumo total e a 27,6% da despesa total.

É evidente a importância que a eficiência energética, através da racionalização e otimização da energia gasta em edifícios, tem no consumo total de energia. Nesse sentido, a Agência

para a Energia (ADENE), como responsável pela gestão do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), tem vindo a publicar dados que são uma mais valia na análise do património edificado e podem vir a ser a base para as reabilitações energéticas dos imóveis existentes no nosso país. Desde de 2007, ano em que se iniciou a obrigatoriedade de certificação energética de novos edifícios, grandes edifícios de serviços e edifícios existentes de serviços e habitação, quando sujeitos a uma transação comercial, a ADENE registou, até 30 de abril de 2016, a emissão de 1.036.888 certificados, dos quais 16% dizem respeito a imóveis em fase de projeto, 3% a edifícios novos e 81% a edifícios existentes (ADENE, 2016b).

Relativamente aos edifícios habitacionais, a distribuição das classes energéticas obtidas, conforme os requisitos referenciados para 2013, é a que se encontra na Figura 1.

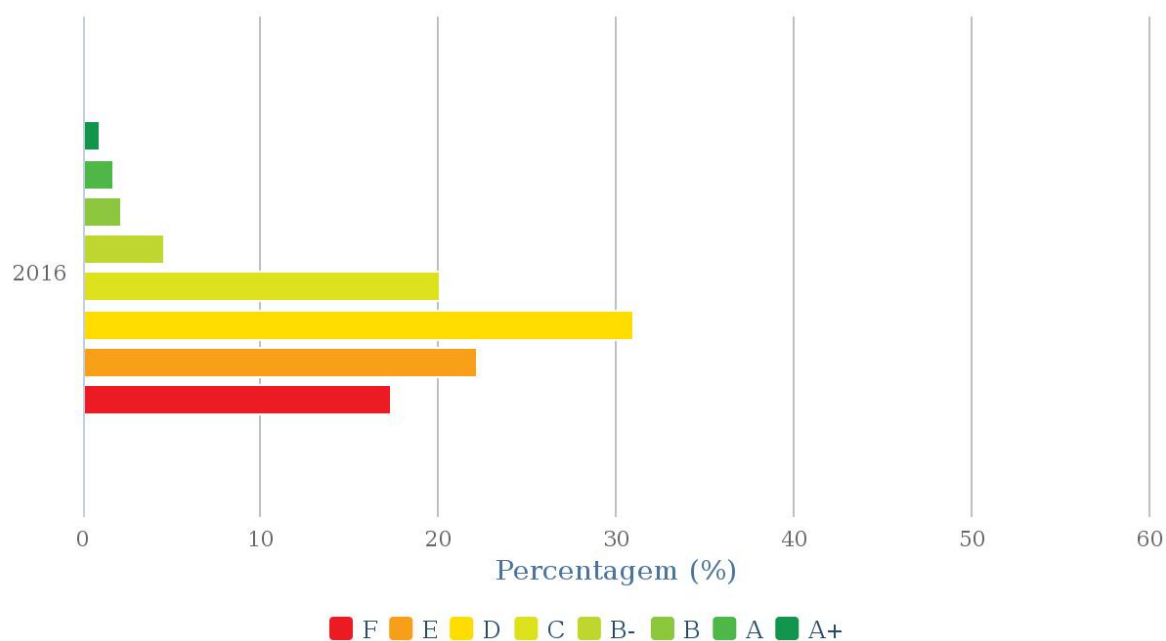
Fonte: ADENE, Sistema de Certificação Energética dos Edifícios



**Figura 1 - Certificados energéticos emitidos por classe energética para edifícios de habitação, conforme os requisitos para 2013**

Em relação às classes energéticas registadas no primeiro trimestre de 2016, a sua distribuição encontra-se representada na Figura 2.

Fonte: ADENE, Sistema de Certificação Energética dos edifícios



**Figura 2 - Certificados energéticos emitidos por classe energética para edifícios de habitação, conforme os requisitos para 2016**

Como se pode constatar, a classe energética predominante do património edificado em Portugal trata-se da classe C, até ao final do ano de 2015 e D nos primeiros três meses do ano 2016. No entanto, espera-se que os valores relativos a 2016 sofram alterações, uma vez os requisitos referenciados para este período de tempo são mais exigentes, provocando uma melhoria geral no certificado energético das habitações novas, além de que o período da amostra é demasiado curto para se poder tirar conclusões.

Ao nível da reabilitação, só uma regulamentação específica, quer para os edifícios antigos, quer para os edifícios de estrutura porticada de betão armado, construídos entre 1960 e 1990, pode dar resposta adequada a este problema (Freitas, 2016).

As intervenções na envolvente têm como objetivo minimizar as trocas de energia ocorridas entre o interior e o exterior da habitação e podem ocorrer através da implementação de medidas ao nível do reforço da proteção térmica da envolvente opaca e envidraçada, bem como o recurso a tecnologias solares passivas como por exemplo obstruções solares, promoção da ventilação natural, etc.

O reforço da proteção térmica pode ocorrer através do acréscimo do isolamento térmico dos elementos da envolvente, no entanto, o professor Vasco Freitas faz uma ressalva para que “... as exigências crescentes de isolamento da envolvente não obriguem a mais do que o necessário, sem esquecer que envolventes “superisoladas” contribuem para o desconforto de verão.” (Freitas, 2016).

A eficiência energética merece toda a atenção, por razões ambientais e de sustentabilidade, no entanto não se pode deixar de ter em consideração que quando o conforto contínuo é conseguido à base do consumo de energia nos períodos de aquecimento, o forte isolamento térmico da envolvente é decisivo. O mesmo já não é válido para edifícios que não gastam a energia para o conforto. Por outras palavras “não se poupa energia quando não se gasta energia” (Freitas, 2016).

As medidas de eficiência energética para a climatização de um edifício não passam apenas pela definição da espessura ideal de isolamento térmico existente na envolvente. Outras medidas assentes no conceito de arquitetura solar passiva, ou bioclimática, devem ser tidas em conta, como por exemplo a orientação e forma do edifício, estratégias adequadas de sombreamento no verão e estratégias de ventilação natural.

Para além das vantagens económicas diretas, consubstanciadas na grande poupança de energia, a arquitetura solar passiva, apresenta ainda, a longo prazo, importantes benefícios económicos indiretos, pelo inquestionável significado social, tecnológico e cultural que representam (Moita, 2009).

## **1.1. Contextualização**

A presente dissertação faz parte integrante dos requisitos da unidade curricular de Dissertação/ Projeto/ Estágio (DPEST) do Mestrado em Energias Sustentáveis, ministrado no Instituto Superior de Engenharia do Porto e resulta da aplicação dos conhecimentos obtidos ao longo da formação.

A escolha desta temática deve-se ao facto de o autor possuir a formação base em Engenharia Civil e como as soluções construtivas que constituem a envolvente de uma habitação têm influência na quantidade e na forma como as trocas de energia térmica, entre o interior e o exterior da habitação, são realizadas, traduzindo-se num desempenho energético adequado, ou não, a relevância desta temática torna-se evidente. Com as recentes alterações legislativas

ao nível dos coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis para os elementos da envolvente opaca e envidraçada dos edifícios de habitação, surge prontamente a vontade e o desejo de quantificar as implicações originadas por tais alterações.

## **1.2. Objetivos**

O objetivo principal deste projeto centra-se na análise das implicações originadas pela entrada em vigor da Portaria n.º 379-A/2015, de 22 de outubro, no entanto, para que o estudo fosse viável sentiu-se a necessidade de definir algumas tarefas de apoio, tais como:

- O levantamento e estudo pormenorizado, da legislação em vigor, assim como, a legislação utilizada até ao final de 2015;
- A definição e aplicação da metodologia, de acordo com o REH, a um caso de estudo;
- A utilização, exploração e comparação de diversas folhas de cálculo, com o intuito de validar os valores obtidos;
- O estudo comparativo do comportamento térmico da habitação inicialmente definida, nas diferentes zonas climáticas do país;
- O estudo da influência das pontes térmicas planas no desempenho térmico da habitação.

## **1.3. Estrutura da Dissertação**

A presente dissertação é composta por 5 capítulos.

No capítulo 1 é feita uma abordagem ao tema, assim como uma contextualização, descrição dos objetivos e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é feita uma súmula do enquadramento legal, bem como a evolução dos respetivos diplomas legais, ao longo do tempo.

O terceiro capítulo refere-se à definição da metodologia utilizada para o cálculo do comportamento térmico, conforme as especificações do REH.

No capítulo 4 é aplicada a metodologia a um caso de estudo e posteriormente são realizadas algumas análises comparativas dos vários valores obtidos, consoante as diferentes considerações realizadas.

No último capítulo são apresentadas as principais conclusões deste estudo.



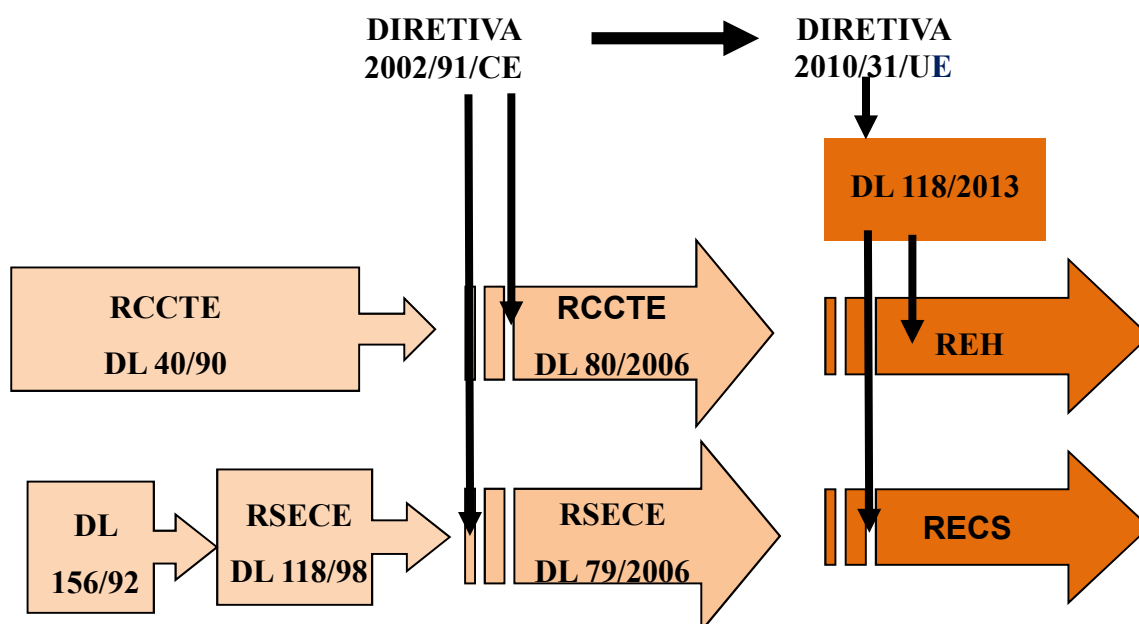
## 2. Enquadramento Legal

O Decreto-Lei n.º 40/1990, de 6 de fevereiro foi o primeiro diploma legal sobre o desempenho térmico dos edifícios. Este publicou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que estabeleceu pela primeira vez as regras a observar nos projetos de edifícios ao nível dos aspetos térmicos/ energéticos. Este documento deveria ter sido revisto no prazo máximo de 5 anos, no entanto, só em 2006 e devido à necessidade de transpor para a legislação nacional a Diretiva 2002/91/CE, foram publicados três decretos-lei. O Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril que aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE), o Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril que aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) e o Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril – o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Após esta data, foi definida com a Portaria n.º 461/2007, uma calendarização para a certificação energética de edifícios de habitação novos, reabilitações e existentes.

A 19 de maio de 2010 é publicada a Diretiva 2010/31/UE, que além de clarificar alguns dos princípios do texto inicial, veio introduzir novas imposições no que se refere à melhoria do desempenho energético dos edifícios. A transposição desta diretiva para o nosso país deu-se em 2013 com a aprovação do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, que engloba num único documento o Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE), o Regulamento de



Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Na figura 1, encontra-se representada um esquema com a sequência temporal de publicações dos documentos legislativos relacionados com o desempenho energético de edifícios.



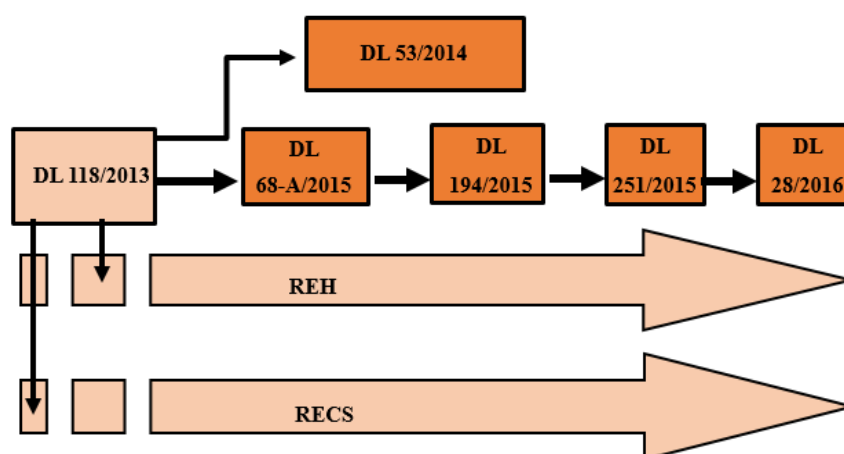
**Figura 3 - Evolução dos diferentes documentos legislativos (Neto, 2015)**

O REH estabelecia requisitos de comportamento térmico e de eficiência dos sistemas técnicos para edifícios novos e grandes reabilitações. Em 18 de abril foi publicado o Decreto-Lei n.º 53/2014, que estabelecia um regime excecional e temporário para a Reabilitação Urbana e nas situações de inviabilidade técnica, funcional, arquitetónica ou económica e reconhecia a possibilidade de isenção dos requisitos mínimos de eficiência energética e qualidade térmica na reabilitação de edifícios/frações habitacionais cuja construção tivesse sido concluída há pelo menos 30 anos ou em áreas de reabilitação urbana (Neto, 2015).

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para 2013-2016 (PNAEE, 2016), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de abril, passou a abranger seis áreas específicas: transportes, residencial e serviços, indústria, estado, comportamentos e agricultura. Através de um conjunto de medidas de melhoria da eficiência energética procura alcançar as metas estabelecidas, nomeadamente as relativas à redução de energia primária, para o horizonte de 2020. Deu-se então a necessidade de efetuar algumas alterações nos diplomas já existentes e que abordavam medidas de promoção da melhoria

do desempenho energético, tal como no Decreto-Lei n.º 118/2013. Assim, foi publicado o Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril (Neto, 2015).

Em setembro de 2015 foi publicado o Decreto-Lei n.º 194/2015 que republica o Decreto-Lei n.º 118/2013 onde se estabelece os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, bem como os requisitos para edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções. Esta republicação revoga a isenção para os edifícios alvos de reabilitação. Em 25 de novembro de 2015, foi publicado o Decreto-Lei n.º 251/2015 que apenas procurou clarificar algumas dúvidas existentes na Comissão Europeia e que poderiam dificultar a aplicação de instrumentos de financiamento da eficiência energética no quadro comunitário 2020. A quarta alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013 dá-se a 23 de junho de 2016, através da publicação do Decreto-Lei n.º 28/2016 que procura clarificar o conceito de viabilidade económica como base para a justificação do cumprimento da aplicação dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios (Neto, 2015).



**Figura 4 - Evolução das alterações ao Decreto-Lei n.º 118/2013 (Neto, 2015)**

O Decreto-Lei n.º 118/2013, alterado pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015, Decreto-Lei n.º 194/2015, Decreto-Lei n.º 251/2015 e Decreto-Lei n.º 28/2016, remete, para a aplicação do REH, para os seguintes diplomas legais:

- Portaria n.º 349-A/2013, de 29 de novembro que determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE

e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ);

- Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro que define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção;
- Portaria n.º 349-C/2013, de 02 de dezembro que estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização;
- Portaria n.º 349-D/2013, de 02 de dezembro que estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes;
- Portaria n.º 353-A/2013, de 04 de dezembro que estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação;
- Portaria n.º 379-A/2015, de 22 de outubro onde são impostos novos valores, a cumprir a partir de 31 de dezembro de 2015, para o coeficiente de transmissão térmica máximo para os elementos da envolvente opaca e envidraçada dos edifícios de habitação;
- Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013, de 03 de dezembro que procede à publicação dos modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes;
- Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013, de 03 de dezembro que estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária;

- Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013, de 03 de dezembro que estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes;
- Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, de 03 de dezembro que procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados;
- Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013, de 03 de dezembro que procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia;
- Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013, de 03 de dezembro que estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema;
- Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013, de 03 de dezembro que estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária;
- Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013, de 03 de dezembro que procede à publicação das regras de determinação da classe energética;
- Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, de 03 de dezembro que procede à publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho;
- Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013, de 03 de dezembro que procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.



### 3. Metodologia de Cálculo de Acordo com o REH

A metodologia de cálculo considerada para este trabalho, obedece ao Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e às imposições e parâmetros definidos na Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, alterada pela Portaria 379-A/2015, de 22 de outubro, e nos despachos n.º 15793-C/2013, 15793-D/2013, 15793-E/2013, 15793-F/2013, 15793-G/2013, 15793-H/2013, 15793-I/2013, 15793-J/2013, 15793-K/2013, 15793-L/2013,

#### **3.1. Zonamento Climático**

Os parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados para as diferentes zonas do território nacional encontram-se definidos no Despacho n.º 15793-F/2013.

O zonamento climático do país baseia-se na Nomenclatura das Unidade Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III – NUTS III, de acordo com o expresso na Tabela 1 - NUTS III.

**Tabela 1 - NUTS III, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013)**

NUTS III	Municípios
Minho-Lima	Arcos de Valdevez, Caminha, Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Valença, Viana do Castelo, Vila Nova de Cerveira
Alto Trás – Os – Montes	Alfândega da Fé, Boticas, Bragança, Chaves, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Ribeira de Pena, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vimioso, Vinhais
Cávado	Amares, Barcelos, Braga, Esposende, Terras de Bouro, Vila Verde
Ave	Cabeceiras de Basto, Fafe, Guimarães, Mondim de Basto, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Vila Nova de Famalicão, Vizela
Grande Porto	Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde, Vila Nova de Gaia
Tâmega	Amarante, Baião, Castelo de Paiva, Celorico de Basto, Cinfães, Felgueiras, Lousada, Marco de Canaveses, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel, Resende
Douro	Alijó, Armamar, Carraceda de Ansiães, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Mesão Frio, Moimenta da Beira, Murça, Penedono, Peso da Régua, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Vila Nova de Foz Coa, Vila Real
Entre Douro e Vouga	Arouca, Oliveira de Azeméis, Santa Maria da Feira, São João da Madeira, Vale de Cambra
Baixo Vouga	Águeda, Albergaria-a-Velha, Anadia, Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Murtosa, Oliveira do Bairro, Ovar, Sever do Vouga, Vagos
Baixo Mondego	Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Mealhada, Mira, Montemor-o-Velho, Mortágua, Penacova, Soure
Beira Interior Norte	Almeida, Celorico da Beira, Figueira de Castelo Rodrigo, Guarda, Manteigas, Mêda, Pinhel, Sabugal, Trancoso
Beira Interior Sul	Castelo Branco, Idanha-a-Nova, Penamacor, Vila Velha de Ródão
Cova da Beira	Belmonte, Covilhã, Fundão
Serra da Estrela	Fornos de Algodres, Gouveia, Seia
Dão – Lafões	Aguiar da Beira, Carregal do Sal, Castro Daire, Mangualde, Nelas, Oliveira de Frades, Penalva do Castelo, Santa Comba Dão, São Pedro do Sul, Sátão, Tondela, Vila Nova de Paiva, Viseu, Vouzela
Pinhal Interior Norte	Alvaiázere, Ansião, Arganil, Castanheira de Pera, Figueiró dos Vinhos, Góis, Lousã, Miranda do Corvo, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penela, Tábua, Vila Nova de Poiares

NUTS III	Municípios
Pinhal Interior Sul	Oleiros, Proença-a-Nova, Sertão, Vila de Rei
Pinhal Litoral	Batalha, Leiria, Marinha Grande, Pombal, Porto de Mós
Oeste	Alcobaça, Alenquer, Arruda dos Vinhos, Bombarral, Cadaval, Caldas da Rainha, Lourinhã, Nazaré, Óbidos, Peniche, Sobral de Monte Agraço, Torres Vedras
Médio Tejo	Abrantes, Alcanena, Constância, Entroncamento, Ferreira do Zêzere, Mação, Ourém, Sardoal, Tomar, Torres Novas, Vila Nova da Barquinha
Lezíria do Tejo	Almeirim, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior, Salvaterra de Magos, Santarém
Grande Lisboa	Amadora, Cascais, Lisboa, Loures, Mafra, Odivelas, Oeiras, Sintra, Vila Franca de Xira
Península de Setúbal	Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Seixal, Sesimbra, Setúbal
Alto Alentejo	Alter do Chão, Arronches, Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Crato, Elvas, Fronteira, Gavião, Marvão, Monforte, Mora, Nisa, Ponte de Sôr, Portalegre
Alentejo Central	Alandroal, Arraiolos, Borba, Estremoz, Évora, Montemor-o-Novo, Mourão, Portel, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Sousel, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vila Viçosa
Alentejo Litoral	Alcácer do Sal, Grândola, Odemira, Santiago do Cacém, Sines
Baixo Alentejo	Aljustrel, Almodôvar, Alvito, Barrancos, Beja, Castro Verde, Cuba, Ferreira do Alentejo, Mértola, Moura, Ourique, Serpa, Vidigueira
Algarve	Albufeira, Alcoutim, Aljezur, Castro Marim, Faro, Lagoa, Lagos, Loulé, Monchique, Olhão, Portimão, S. Brás de Alportel, Silves, Tavira, Vila do Bispo, Vila Real de Santo António
Região Autónoma dos Açores	Vila do Porto, Lagoa, Nordeste, Ponta Delgada, Povoação, Ribeira Grande, Vila Franca do Campo, Angra do Heroísmo, Praia da Vitória, Santa Cruz da Graciosa, Calheta, Velas, Lajes do Pico, Madalena, São Roque do Pico, Horta, Lajes das Flores, Santa Cruz das Flores, Vila do Corvo
Região Autónoma da Madeira	Calheta, Câmara de Lobos, Funchal, Machico, Ponta do Sol, Porto Moniz, Ribeira Brava, Santa Cruz, Santana, São Vicente, Porto Santo

Para aplicação dos requisitos de qualidade térmica da envolvente são definidas três zonas climáticas de inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de verão (V1, V2 e V3).

- As zonas climáticas de inverno representadas na Figura 5, à esquerda, são definidas com base nos graus-dias (GD) na base de 18 °C, conforme a Tabela 2.



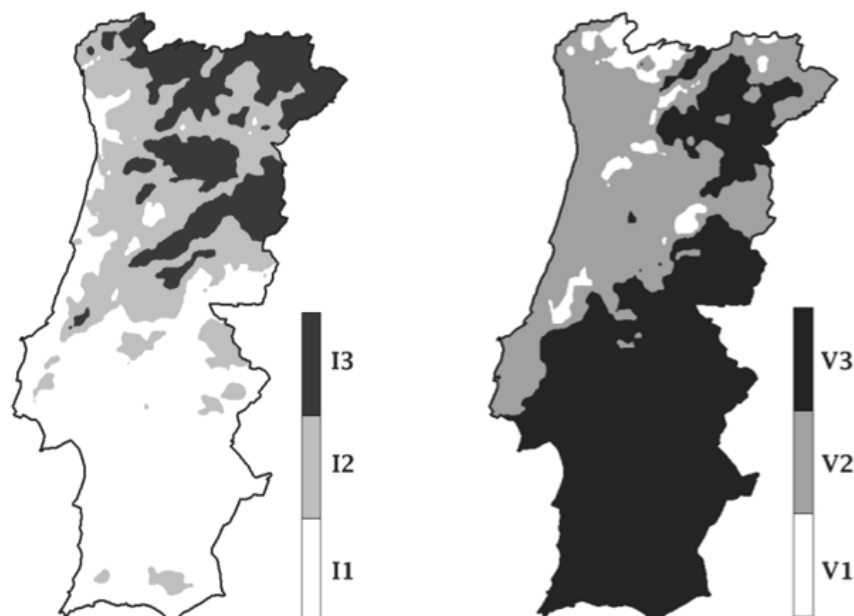
**Tabela 2 - Critérios para a determinação da zona climática de inverno, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013)**

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 \leq GD \leq 1800$	$GD \geq 1800$
Zona	I1	I2	I3

- As zonas climáticas de verão, representadas na Figura 5, à direita, são definidas com base na temperatura média exterior na estação de arrefecimento ( $\theta_{ext,v}$ ), de acordo com a Tabela 3.

**Tabela 3 - Critérios para a determinação da zona climática de verão, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013)**

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20\text{ °C}$	$20\text{ °C} \leq \theta_{ext,v} \leq 22\text{ °C}$	$\theta_{ext,v} \geq 22\text{ °C}$
Zona	V1	V2	V3



**Figura 5 - Zonas climáticas de inverno e verão, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013)**

Os valores dos parâmetros climáticos  $X$  associados a um determinado local, são obtidos a partir de valores de referência  $X_{REF}$  para cada NUTS III e ajustados com base na altitude desse local,  $z$ , sendo seguidamente corrigido, de acordo com a seguinte expressão:

$$X = X_{REF} + a(z - z_{REF}) \text{ [meses ou °C]} \quad (1)$$

### 3.1.1. Estação de aquecimento

Os parâmetros climáticos mais importantes para a metodologia de cálculo definida para a estação de aquecimento (inverno) são os seguintes:

- GD – Número de graus-dias, na base de 18 °C, correspondente à estação de aquecimento;
- M – Duração da estação de Aquecimento;
- $G_{Sul}$  – Energia solar média durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul, [kWh/m<sup>2</sup>.mês].

A Tabela 4 define os valores de referência, bem como o declive para os parâmetros da estação de aquecimento.

**Tabela 4 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de aquecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013)**

	Z	M		GD		GSul
	REF m	REF meses	$\alpha$ mês/km	REF °C	$\alpha$ °C/km	kWh/m2 por mês
Mínho-Lima	268	7,2	1	1629	1500	130
Alto Trás – Os – Montes	680	7,3	0	2015	1400	125
Cávado	171	6,8	1	1491	1300	125
Ave	426	7,2	0	1653	1500	125
Grande Porto	94	6,2	2	1250	1600	130
Tâmega	320	6,7	0	1570	1600	135
Douro	579	6,9	0	1764	1400	135
Entre Douro e Vouga	298	6,9	1	1544	1400	135
Baixo Vouga	50	6,3	2	1337	1100	140
Baixo Mondego	67	6,3	0	1304	1000	140
Beira Interior Norte	717	7,5	0	1924	1000	135
Beira Interior Sul	328	5,4	1	1274	1800	140

	Z	M		GD		GSul
	REF	REF	<i>a</i>	REF	<i>a</i>	kWh/m2
	m	meses	mês/km	°C	°C/km	por mês
Cova da Beira	507	7,1	0	1687	1440	140
Serra da Estrela	553	7,5	0	1851	1600	135
Dão – Lafões	497	7,3	0	1702	1900	135
Pinhal Interior Norte	361	6,8	0	1555	1600	140
Pinhal Interior Sul	361	6,7	1	1511	1500	145
Pinhal Litoral	126	6,6	0	1323	1900	140
Oeste	99	5,6	0	1165	2200	145
Médio Tejo	168	5,9	0	1330	1300	145
Lezíria do Tejo	73	5,2	3	1135	2700	145
Grande Lisboa	109	5,3	3	1071	1700	150
Península de Setúbal	47	4,7	0	1045	1500	145
Alto Alentejo	246	5,3	2	1221	1200	145
Alentejo Central	221	5,3	2	1150	1100	150
Alentejo Litoral	88	5,3	2	1089	1100	150
Baixo Alentejo	178	5,0	0	1068	1000	155
Algarve	145	4,8	0	987	1800	155
Região Autónoma dos Açores	10	2,9	3	604	1500	110
Região Autónoma da Madeira	380	5,2	3	818	1500	105

### 3.1.2. Estação de arrefecimento

Os parâmetros climáticos essenciais para a estação de arrefecimento (verão) são os que a seguir se apresentam:

- $L_v$  – Duração da estação = 4 meses = 2928 horas;
- $\theta_{ext,v}$  – Temperatura exterior média, [°C];

- $I_{sol}$  – Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação  $0^\circ$ ) e em superfícies verticais (inclinação  $90^\circ$ ) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais, [kWh/m<sup>2</sup>].

Os valores de referencia para a estação de arrefecimento podem ser obtidos através da consulta da seguinte tabela:

**Tabela 5 - Valores de referência e declives para ajustes em altitude para a estação de arrefecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013)**

	Z  REF  m	$\theta_{ext,v}$		Isol  kWh/m <sup>2</sup> acumulados de junho a setembro								
		REF	$\alpha$	0°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
		°C	°C/km		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Minho-Lima	268	20,5	-4	785	220	345	475	485	425	485	475	345
Alto Trás – Os – Montes	680	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Cávado	171	20,7	-3	795	220	345	485	490	425	490	485	345
Ave	426	20,8	-3	795	220	350	490	490	425	490	490	350
Grande Porto	94	20,9	0	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Tâmega	320	21,4	-3	800	220	350	490	490	425	490	490	350
Douro	579	22,7	-6	805	220	350	490	490	420	490	490	350
Entre Douro e Vouga	298	20,6	-3	805	220	350	490	490	425	490	490	350
Baixo Vouga	50	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Baixo Mondego	67	20,9	0	825	225	360	495	495	420	495	495	360
Beira Interior Norte	717	21,7	-5	820	220	355	495	500	425	500	495	355
Beira Interior Sul	328	25,3	-7	830	220	360	500	495	420	495	500	360
Cova da Beira	507	22,5	-6	825	225	360	495	495	425	495	495	360
Serra da Estrela	553	21,0	-4	820	225	355	495	495	420	495	495	355
Dão – Lafões	497	21,2	-3	815	220	355	495	490	415	490	495	355
Pinhal Interior Norte	361	21,2	-2	825	220	357	500	495	420	495	500	357
Pinhal Interior Sul	361	22,4	-3	830	225	360	500	500	420	500	500	360
Pinhal Litoral	126	20,1	-2	830	225	360	500	495	420	500	500	360

	Z	$\theta_{\text{ext},v}$		Isol								
	REF	REF	$a$	kWh/m <sup>2</sup> acumulados de junho a setembro								
	m	°C	°C/km	0°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
					N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Oeste	99	21,0	0	830	225	360	500	495	415	495	500	360
Médio Tejo	168	22,1	-7	835	220	360	500	495	415	495	500	360
Lezíria do Tejo	73	23,1	-6	835	225	365	500	495	410	495	500	365
Grande Lisboa	109	21,7	-10	840	225	365	500	495	410	495	500	365
Península de Setúbal	47	22,8	-5	845	225	365	505	495	410	495	505	365
Alto Alentejo	246	24,5	0	845	225	365	505	500	415	500	505	365
Alentejo Central	221	24,3	0	850	225	370	510	500	415	500	510	370
Alentejo Litoral	88	22,2	0	850	225	365	510	495	405	495	510	365
Baixo Alentejo	178	24,7	0	855	225	370	510	495	405	495	510	370
Algarve	145	23,1	0	865	225	375	515	500	405	500	515	375
Região Autónoma dos Açores	10	21,3	-6	640	195	285	375	375	235	375	375	285
Região Autónoma da Madeira	380	20,2	-6	580	195	260	325	320	280	320	325	260

### 3.2. Envolvente

A definição da envolvente térmica da fração em estudo é de extrema importância, pois é através desta que é possível, numa fase precoce do projeto, identificar onde existem as trocas de calor, de que forma são feitas e quais os requisitos regulamentares aplicáveis. Desta forma, de acordo com o REH, é possível definir os seguintes tipos de envolvente:

- Envolvente exterior: elementos que separam o espaço interior do espaço exterior;
- Envolvente sem requisitos: elementos em contacto com o solo e em contacto com outras habitações do mesmo edifício e através dos quais não existem trocas de calor;

- Envolvente interior:
  - Envolvente interior com requisitos de interior: elementos que separam os espaços úteis dos espaços não úteis, onde o coeficiente de redução de temperatura ( $b_{tr}$ ) é não superior a 0,7;
  - Envolvente interior com requisitos de exterior: elementos que separam os espaços úteis dos espaços não úteis, onde o coeficiente de redução de temperatura ( $b_{tr}$ ) é superior a 0,7.

Para que se possa diferenciar a envolvente interior, por forma a calcular as perdas de calor por transmissão em elementos que separam o espaço com condições de referência de espaços com temperatura ambiente diferente do ar exterior, é indispensável calcular o coeficiente de redução de perdas ( $b_{tr}$ ), que de acordo com a EN ISO 13789 toma a seguinte expressão:

$$b_{tr} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (2)$$

Sempre que se verifique o valor de  $b_{tr}$  superior a 0,7, aplicam-se, aos elementos que separam a envolvente, os requisitos mínimos definidos para a envolvente exterior, sendo esta classificada como envolvente interior com requisitos de exterior.

Caso o valor de  $b_{tr}$  seja igual ou inferior a 0,7, significa que os requisitos exigidos aos elementos que separam a envolvente são os definidos para a envolvente interior, sendo esta classificada como envolvente interior com requisitos de interior.

Na impossibilidade de determinar ou conhecer o valor da temperatura do espaço não útil, admite-se que  $b_{tr}$  pode tomar os valores indicados na Tabela 6. Note-se ainda que para espaços não úteis fortemente ventilados, o valor de  $b_{tr}$  é igual a 1,0, bem como para edifícios adjacente, o  $b_{tr}$  toma o valor de 0,6.

**Tabela 6 - Coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis,  $b_{tr}$ , (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

$b_{tr}$	$V_{enu} \leq 50m^3$		$50m^3 \leq V_{enu} \leq 200m^3$		$V_{enu} \geq 200m^3$	
	f	F	f	F	f	F
$A_i/A_u < 0,5$	1,0		1,0		1,0	
$0,5 \leq A_i/A_u \leq 1$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1 \leq A_i/A_u \leq 2$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2 \leq A_i/A_u \leq 4$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i/A_u \geq 4$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Para os efeitos da tabela anterior,  $A_i$  refere-se ao somatório das áreas que separam o espaço interior útil do espaço não útil,  $A_u$  é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior, F refere-se a um espaço não útil permeável ao ar devido à existência de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas, já o f refere-se a espaços não úteis com todas as ligações entre elementos bem vedadas e sem aberturas de ventilação permanentemente abertas.

De acordo com o número 3 e 4 do ponto 11.1 do Despacho 15793-K/2013, para zonas graníticas, como é o caso dos distritos de Braga, Vila Real, Porto, Guarda, Viseu e Castelo Branco deverá existir uma solução preventiva de redução da concentração de Radão, como por exemplo, um vazio sanitário fortemente ventilado.

### **3.3. Requisitos Mínimos de Qualidade Térmica**

Os requisitos mínimos regulamentares para os edifícios novos e para edifícios sujeitos a grandes intervenções encontram-se definidos na Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, alterada pela Portaria 379-A/2015, de 22 de outubro.

#### **3.3.1. Envolvente opaca em zona corrente**

As exigências regulamentares a aplicar na envolvente opaca, como paredes, pavimentos e coberturas, e nas zonas de Pontes Térmicas Planas (PTP) tem como objetivo principal evitar grandes transferências de energias através da envolvente e ao mesmo tempo diminuir a

probabilidade de ocorrência de condensações, por isso estes não podem ter um coeficiente de transmissão térmica,  $U$ , superior ao máximo legal que:

- No caso dos elementos da envolvente opaca terá que ser sempre verificada a seguinte condição:

$$U_{envolvente} \leq U_{max} \quad (3)$$

Sendo  $U_{max}$  definido de acordo com a tabela seguinte, para aplicações posteriores a 31 de dezembro de 2015.

**Tabela 7 - Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis de elementos opacos, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

<b>Portugal Continental</b>				
$U_{max}$ [W/m <sup>2</sup> .°C]		Zona Climática		
Zona corrente da envolvente:		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com btr > 0,7	Elementos Opacos Verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos Opacos Horizontais	0,40	0,35	0,30
Em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com btr ≤ 0,7	Elementos Opacos Verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos Opacos Horizontais	1,65	1,30	1,20
<b>Regiões Autónomas</b>				
$U_{max}$ [W/m <sup>2</sup> .°C]		Zona Climática		
Zona corrente da envolvente:		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com btr > 0,7	Elementos Opacos Verticais	0,70	0,60	0,45
	Elementos Opacos Horizontais	0,45	0,40	0,35
Em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com btr ≤ 0,7	Elementos Opacos Verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos Opacos Horizontais	1,65	1,30	1,20



Importa referir que para elementos em contacto com o solo não são definidos valor máximos admissíveis.

De uma forma geral, pode-se concluir que os coeficientes máximos admissíveis são mais exigentes para as zonas climáticas mais rigorosas e também mais exigentes para os elementos horizontais.

### 3.3.2. Pontes térmicas planas

As zonas de ponte térmica plana (PTP), nomeadamente pilares, vigas e caixas de estores devem ter um valor de coeficiente de transmissão térmica,  $U_{PTP}$ , não superior ao dobro do dos elementos homólogos adjacentes (verticais ou horizontais) em zona corrente,  $U_{cor}$ , e não superior ao coeficiente de transmissão térmica máximo admissível,  $U_{max}$ .

$$U_{PTP} \leq 2 \cdot U_{cor} \quad (4)$$

$$U_{PTP} \leq U_{max} \quad (5)$$

Tal verificação pode ser dispensada desde que se verifique que  $U_{PTP}$  é menor ou igual a 0,9 W/(m<sup>2</sup>.°C). No entanto, de acordo com o número 5 do ponto 2.2 da Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, alterada pela Portaria 379-A/2015, de 22 de outubro, a partir de 1 de janeiro de 2016, todas as zonas de PTP devem ter um valor do coeficiente de transmissão térmica não superior a 0,9 W/(m<sup>2</sup>.°C).

### 3.3.3. Vãos envidraçados

De acordo com a recente alteração legislativa referida anteriormente, os vãos envidraçados estão também sujeitos a requisitos máximos admissíveis para o seu coeficiente de transmissão térmica  $U_{wdn}$  de acordo com o expresso na Tabela 8.

**Tabela 8 - Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis de vãos envidraçados, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Portugal Continental e Regiões Autónomas			
$U_w$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	Zona Climática		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Vãos envidraçados (portas e janelas)	2,80	2,40	2,20

Além da verificação do coeficiente de transmissão térmica máximo, todos os envidraçados não orientados no quadrante Norte, que possuam área,  $A_{env}$ , superior a 5% da área do compartimento onde se encontram,  $A_{pav}$ , devem apresentar um fator solar global do vão envidraçado com os dispositivos de proteção 100% ativados ( $g_T$ ), que obedeça às seguintes condições:

$$a) \quad \text{Se } A_{env} \leq 15\% \cdot A_{pav}, \text{ então: } g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{T_{max}} \quad (6)$$

$$b) \quad \text{Se } A_{env} > 15\% \cdot A_{pav}, \text{ então: } g_T \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{T_{max}} \cdot \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env}}{A_{pav}}\right)} \quad (7)$$

Através de uma breve análise às expressões apresentadas anteriormente constata-se que os vãos envidraçados com maiores áreas são penalizados, obrigando a características térmicas mais favoráveis, nomeadamente valores dos fatores solares mais baixos.

Os fatores  $F_o$  e  $F_f$  referem-se aos sombreamentos provocados por elementos horizontais sobrejacente e verticais adjacentes ao envidraçado, respetivamente, pelo que devem ser obtidos nas tabelas relativas ao sombreamento na estação de arrefecimento. Note-se ainda que o produto destes dois fatores, exceto quando o vão se situar à face exterior da parede, não deve ser superior a 0,9, por forma a contabilizar o efeito de sombreamento provocado pelos elementos existentes no contorno do vão, como ombreiras e padieiras.

Os valores máximos admissíveis para os fatores solares dos vãos envidraçados encontram-se na Tabela 9.

**Tabela 9 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

$g_{T_{max}}$	Zona Climática		
Classe de Inércia	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Para efeitos de ganhos térmicos pelos vãos envidraçados na estação de arrefecimento e aquecimento deve ser considerada uma incidência da radiação solar normal à superfície do vão, corrigido do respetivo fator de seletividade angular,  $F_w$ .

O fator solar do vidro de um determinado vão, para uma incidência solar normal à superfície do vão,  $g_{T,vi}$ , deve ser fornecido pelo fabricante, na impossibilidade de se conhecer esse parâmetro deve recorrer-se aos valores apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10 - Fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Composição do Vidro		$g_{\perp,vi}$
Vidro Simples	Incolor 4mm	0,88
	Incolor 5mm	0,87
	Incolor 6mm	0,85
	Incolor 8mm	0,82
	Colorido na massa 4mm	0,70
	Colorido na massa 5mm	0,65
	Colorido na massa 6mm	0,60
	Colorido na massa 8mm	0,50
	Refletante Incolor 4 a 8mm	0,60
	Refletante Colorido na massa 4 a 5mm	0,50
	Refletante Colorido na massa 6 a 8mm	0,45
	Fosco	(1)
Vidro Duplo	Incolor 4 a 8mm + Incolor 4mm	0,78
	Incolor 4 a 8mm + Incolor 5mm	0,75
	Colorido na massa 4mm + Incolor 4 a 8mm	0,60
	Colorido na massa 5mm + Incolor 4 a 8mm	0,55
	Colorido na massa 6mm + Incolor 4 a 8mm	0,50
	Colorido na massa 8mm + Incolor 4 a 8mm	0,45
	Refletante incolor 4 a 8mm + Incolor 4 a 8mm	0,52
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm + Incolor 4 a 8mm	0,40
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm + Incolor 4 a 8mm	0,35
	Tijolo de vidro	0,57
	Fosco	(1)

- (1) Nas situações de vidro foscado, podem ser utilizados valores de fator solar correspondentes às soluções de vidro incolor de igual composição

Os valores do fator solar dos vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar, permanente, ou móvel totalmente ativado,  $g_{Tvc}$ , e para sistemas com proteção exterior e opaca, qualquer que seja o vidro utilizado, encontram-se expressos na Tabela 11.

**Tabela 11 - Valores correntes do fator solar de vão envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Tipo de Proteção		$g_{Tvc}$					
		Vidros Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções Exteriores	Portada de madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persianas de réguas de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
	Persiana de réguas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano de lâminas de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
	Estore veneziano de lâminas metálicas	-	0,14	-	-	0,09	-
	Lona opaca	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
	Lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
	Lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2
Proteções Interiores	Estores de lâminas	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
	Cortinas opacas	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
	Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
	Cortinas transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-
	Portadas opacas	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
	Persianas	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
	Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	-	-	-	0,28	0,34	0,40

A avaliação da cor da proteção é efetuada com base no coeficiente de reflexão da superfície exterior da proteção, de acordo com a Tabela 12.

**Tabela 12 - Coeficiente de absorção da radiação solar, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Cor	<i>a</i>
Clara (branco, creme, amarelo, laranja, vermelho-claro)	0,4
Média (vermelho-escuro, verde-claro, azul claro)	0,5
Escura (castanho, verde-escuro, azul-vivo, azul-escuro)	0,8

No caso específico de um vão envidraçado com vidro especial com proteção exterior não opaca ou com proteção interior deve aplicar-se as seguintes equações, em função do tipo de vidro:

a) Vidro simples: 
$$g_T = \frac{g_{vi} \cdot g_{Tvc}}{0,85} \quad (8)$$

b) Vidro duplo: 
$$g_T = \frac{g_{vi} \cdot g_{Tvc}}{0,75} \quad (9)$$

De acordo com o Despacho n.º 15793-K/2013, os valores do fator de obstrução da radiação solar têm por base o fator de sombreamento no horizonte,  $F_h$ , de sombreamento por elementos horizontais,  $F_o$ , e elementos verticais,  $F_v$ .

Na estação de arrefecimento, a utilizada para o cálculo destes requisitos mínimos de qualidade térmica, o sombreamento no horizonte traduz-se pelo sombreamento provocado por obstruções longínquas exteriores ao edifício ou edifícios vizinhos, e nesta estação é desprezável, pelo que deverá tomar o valor de 1.

O valor do fator de sombreamento de elementos horizontais,  $F_o$ , sobrejacentes aos vãos envidraçados ou por elementos verticais,  $F_v$ , compreendendo palas, varandas e outros elementos de um edifício, depende do ângulo da obstrução, da latitude, da exposição e do clima local.

Na Figura 6 pode observar-se a forma como deve ser determinado o ângulo provocado por estas obstruções e na Tabela 13 e Tabela 14 encontram-se os respetivos valores do fator de sombreamento, para a estação de arrefecimento.



**Figura 6 - Ângulos da obstrução horizontal e vertical, respetivamente**

**Tabela 13 - Valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais  $F_0$  na estação de arrefecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Ângulo da pala horizontal	Portugal Continental e RAA Latitude de 39°					RAM Latitude 33°				
	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30°	0,98	0,86	0,75	0,68	0,63	0,97	0,84	0,74	0,69	0,68
45°	0,97	0,78	0,64	0,57	0,55	0,95	0,76	0,63	0,60	0,62
60°	0,94	0,70	0,55	0,50	0,52	0,92	0,68	0,55	0,54	0,60

**Tabela 14 - Valores dos fatores de sombreamento de elementos verticais  $F_f$  na estação de arrefecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Posição da Pala	Ângulo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
À esquerda	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	1	0,96	0,91	0,91	0,96	0,95	0,86
	45°	1	1	0,96	0,85	0,87	0,95	0,93	0,78
	60°	1	1	0,95	0,77	0,84	0,93	0,88	0,69
À direita	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	0,86	0,95	0,96	0,91	0,91	0,96	1
	45°	1	0,78	0,93	0,95	0,87	0,85	0,96	1
	60°	1	0,69	0,88	0,93	0,84	0,77	0,95	1

### **3.3.4. Requisitos mínimos da taxa de renovação de ar**

O valor da taxa de renovação de ar, de acordo com o ponto 3 da Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, alterada pela Portaria 379-A/2015, deve ser calculado de acordo com disposições previstas para o efeito em Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia e deve ser igual ou superior a 0,4 renovações por hora, ou seja:

$$R_{ph} \geq 0,4 \text{ h}^{-1} \quad (10)$$

A determinação deste valor deverá ser realizada de acordo com a utilização da folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC que tem em consideração diferentes aspetos, tais como a localização do edifício e rugosidade, a altura da fração em estudo, as características da fachada, a permeabilidade das caixilharias e das caixas de estores e a existência de dispositivos de admissão de ar na fachada e/ ou a existência de sistemas de ventilação mecânica.

### **3.3.5. Sistemas técnicos**

Os sistemas técnicos a instalar devem cumprir com os requisitos e condições a seguir apresentados:

- As instalações de climatização com potência superior a 25 kW devem possuir projeto de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) elaborado de acordo com o artigo 44º da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho;
- As redes de transporte e distribuição de fluidos térmicos (sistemas de climatização e/ ou de preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS)) devem cumprir com os requisitos aplicáveis que constam da Tabela 15, Tabela 16 e Tabela 17;
- As espessuras apresentadas nas tabelas anteriormente referidas são válidas para materiais com condutibilidade térmica de 0,040 W/m.°C, sendo que para outros valores, o requisito de espessura mínima deverá ser corrigido por forma a garantir a mesma resistência térmica;
- Os sistemas técnicos para climatização devem conter mecanismos de controle e regulação que garantam, pelo menos, a limitação dos valores máximos e mínimos da temperatura do ar interior;

- Os sistemas técnicos para climatização com potência térmica nominal superior a 50 kW, devem dispor de mecanismo que garantam a regulação da potência de aquecimento e arrefecimento dos equipamentos às necessidades do edifício, garantam a possibilidade de controlo do sistema de climatização por espaço ou grupo de espaços, em período de não ocupação e a possibilidade de parametrização de horários de funcionamento;
- Os sistemas técnicos devem ainda dispor de marcação CE e estar devidamente caracterizados quanto ao seu desempenho energético ou quanto às suas características técnicas que possam determinar ou afetar o seu desempenho;

**Tabela 15 - Espessuras mínimas de isolamento de tubagens (mm), (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Diâmetro (mm)	Fluido interior quente				Fluido interior frio			
	Temperatura do fluido (°C)				Temperatura do fluido (°C)			
	40 a 65 (1)	66 a 100	101 a 150	151 a 200	-20 a -10	9,9 a 0	0,1 a 10	> 10
$D \leq 35$	20	20	30	40	40	30	20	20
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40	50	40	30	20
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50	50	40	30	30
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50	60	50	40	30
$D > 140$	30	40	50	60	60	50	40	30

(1) Para efeitos de isolamento das redes de distribuição de água quente sanitária (redes de sistemas secundários sem recirculação), pode-se considerar um valor não inferior a 10 mm.

**Tabela 16 - Espessuras mínimas de isolamento para condutas e acessórios, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Espessura (mm)	Condutas e acessórios	
	Ar quente	Ar frio
	20	30



**Tabela 17 - Espessuras mínimas de isolamento para equipamentos e depósitos, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

	Equipamentos <sup>(1)</sup> e depósitos de acumulação ou de inércia dos sistemas de climatização e AQS	
	Ar quente	Ar frio
Espessura (mm)	20	30

- (1) Para unidades de tratamento de ar e termoventiladores com baterias de aquecimento/ arrefecimento, a espessura mínima de isolamento deve ser de 50mm, podendo ter espessura mínima de isolamento de 25mm para caudais inferiores a 1500 m<sup>3</sup>/h se a sua instalação for em espaço interior coberto e não fortemente ventilado.

O cumprimento regulamentar relativo aos requisitos de eficiência dos sistemas técnicos deve ter em conta os seguintes pressupostos:

- a) Os sistemas de ar condicionado, bombas de calor com ciclo reversível e *chillers* de arrefecimento, devem obedecer aos requisitos expressos na Tabela 18, em função da sua classificação pela certificação Eurovent;

**Tabela 18 - Requisitos mínimos de eficiência das unidades de produção térmica, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Tipo de Equipamento	Classe de Eficiência mínima após 31 de dezembro de 2015
<i>Split, multissplit, VRF</i> e compacto	B
Unidades do tipo <i>Rooftop</i>	
Unidades do tipo <i>Chiller</i> de compressão (Bomba de calor)	

- b) Caso os sistemas referidos anteriormente não se enquadrem na respetiva categoria Eurovent, mas cujo o desempenho tenha sido avaliado pelo mesmo referencial normativo, aplica-se o requisito equivalente, em termos de EER e COP, de acordo com o apresentado nas Tabelas 19 a 22.

**Tabela 19 - Classificação do desempenho de unidades *split*, *multisplit*, *VRF* e compactas, com permuta ar-ar, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Classe	Unidades de permuta exterior a ar			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades <i>split</i> , <i>multisplit</i> e <i>VRF</i>	Unidades compactas	Unidades <i>split</i> , <i>multisplit</i> e <i>VRF</i>	Unidades compactas
A	$EER > 3,20$	$EER > 3,00$	$COP > 3,60$	$COP > 3,40$
B	$3,20 \geq EER > 3,00$	$3,00 \geq EER > 2,80$	$3,60 \geq COP > 3,40$	$3,40 \geq COP > 3,20$
C	$3,00 \geq EER > 2,80$	$2,80 \geq EER > 2,60$	$3,40 \geq COP > 3,20$	$3,20 \geq COP > 3,00$
D	$2,80 \geq EER > 2,60$	$2,60 \geq EER > 2,40$	$3,20 \geq COP > 2,80$	$3,00 \geq COP > 2,60$
E	$2,60 \geq EER > 2,40$	$2,40 \geq EER > 2,20$	$2,80 \geq COP > 2,60$	$2,60 \geq COP > 2,40$
F	$2,40 \geq EER > 2,20$	$2,20 \geq EER > 2,00$	$2,60 \geq COP > 2,40$	$2,40 \geq COP > 2,20$
G	$EER \leq 2,20$	$EER \leq 2,00$	$COP \leq 2,40$	$COP \leq 2,20$

**Tabela 20 - Classificação do desempenho de unidades *split*, *multisplit* e compactas, com permuta ar-água, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Classe	Unidades de permuta exterior a água			
	Arrefecimento		Aquecimento	
	Unidades <i>split</i> e <i>multisplit</i>	Unidades compactas	Unidades <i>split</i> e <i>multisplit</i>	Unidades compactas
A	$EER > 3,60$	$EER > 4,40$	$COP > 4,00$	$COP > 4,70$
B	$3,60 \geq EER > 3,30$	$4,40 \geq EER > 4,10$	$4,00 \geq COP > 3,70$	$4,70 \geq COP > 4,40$
C	$3,30 \geq EER > 3,10$	$4,10 \geq EER > 3,80$	$3,70 \geq COP > 3,40$	$4,40 \geq COP > 4,10$
D	$3,10 \geq EER > 2,80$	$3,80 \geq EER > 3,50$	$3,40 \geq COP > 3,10$	$4,10 \geq COP > 3,80$
E	$2,80 \geq EER > 2,50$	$3,50 \geq EER > 3,20$	$3,10 \geq COP > 2,80$	$3,80 \geq COP > 3,50$
F	$2,50 \geq EER > 2,20$	$3,20 \geq EER > 2,90$	$2,80 \geq COP > 2,50$	$3,50 \geq COP > 3,20$
G	$EER \leq 2,20$	$EER \leq 2,90$	$COP \leq 2,50$	$COP \leq 3,20$

**Tabela 21 - Classificação do desempenho de unidades do tipo *Rooftop*, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Classe	Unidades de permuta exterior a ar		Unidades de permuta exterior a água	
	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento
A	EER > 3,00	COP > 3,40	EER > 4,40	COP > 4,70
B	$3,00 \geq \text{EER} > 2,80$	$3,40 \geq \text{COP} > 3,20$	$4,40 \geq \text{EER} > 4,10$	$4,70 \geq \text{COP} > 4,40$
C	$2,80 \geq \text{EER} > 2,60$	$3,20 \geq \text{COP} > 3,00$	$4,10 \geq \text{EER} > 3,80$	$4,40 \geq \text{COP} > 4,10$
D	$2,60 \geq \text{EER} > 2,40$	$3,00 \geq \text{COP} > 2,60$	$3,80 \geq \text{EER} > 3,50$	$4,10 \geq \text{COP} > 3,80$
E	$2,40 \geq \text{EER} > 2,20$	$2,60 \geq \text{COP} > 2,40$	$3,50 \geq \text{EER} > 3,20$	$3,80 \geq \text{COP} > 3,50$
F	$2,20 \geq \text{EER} > 2,00$	$2,40 \geq \text{COP} > 2,20$	$3,20 \geq \text{EER} > 2,90$	$3,50 \geq \text{COP} > 3,20$
G	$\text{EER} \leq 2,00$	$\text{COP} \leq 2,20$	$\text{EER} \leq 2,90$	$\text{COP} \leq 3,20$

**Tabela 22 - Classificação do desempenho de unidades do tipo *chiller* bomba de calor de compressão, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Classe	Unidades de permuta exterior a ar		Unidades de permuta exterior a água	
	Arrefecimento	Aquecimento	Arrefecimento	Aquecimento
A	$\text{EER} \geq 3,1$	$\text{COP} \geq 3,2$	$\text{EER} \geq 5,05$	$\text{COP} \geq 4,45$
B	$3,1 > \text{EER} \geq 2,9$	$3,2 > \text{COP} \geq 3,0$	$5,05 > \text{EER} \geq 4,65$	$4,45 > \text{COP} \geq 4,15$
C	$2,9 > \text{EER} \geq 2,7$	$3,0 > \text{COP} \geq 2,8$	$4,65 > \text{EER} \geq 4,25$	$4,15 > \text{COP} \geq 3,85$
D	$2,7 > \text{EER} \geq 2,5$	$2,8 > \text{COP} \geq 2,6$	$4,25 > \text{EER} \geq 3,85$	$3,85 > \text{COP} \geq 3,55$
E	$2,5 > \text{EER} \geq 2,3$	$2,6 > \text{COP} \geq 2,4$	$3,85 > \text{EER} \geq 3,45$	$3,55 > \text{COP} \geq 3,25$
F	$2,3 > \text{EER} \geq 2,1$	$2,4 > \text{COP} \geq 2,2$	$3,45 > \text{EER} \geq 3,05$	$3,25 > \text{COP} \geq 2,95$
G	$\text{EER} < 2,1$	$\text{COP} < 2,2$	$\text{EER} < 3,05$	$\text{COP} < 2,95$

- c) As caldeiras a combustível líquido ou gasoso devem, ao nível da classe de eficiência, obedecer aos requisitos mínimos indicados na Tabela 23, sendo que o seu rendimento, assim como o dos esquentadores, deve ser superior ao disposto na Tabela 24.

**Tabela 23 - Requisitos mínimos de eficiência de caldeiras, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Tipo de equipamento	Classe de eficiência mínima após 31 de dezembro de 2015
Caldeira	A

**Tabela 24 - Rendimento nominal de caldeiras e esquentadores, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

	Classe de eficiência energética	Rendimento nominal
Caldeiras	A++ (1)	$\eta \geq 96\%$
	A+ (2)	$96\% \geq \eta > 92\%$
	A	$92\% \geq \eta > 89\%$
	B	$89\% \geq \eta > 86\%$
	C	$86\% \geq \eta > 83\%$
	D	$83\% \geq \eta > 80\%$
	E	$80\% \geq \eta > 77\%$
	F	$\eta \leq 77\%$
Esquentadores	Potência (kW)	Rendimento
	$\leq 10$	$\geq 0,82$
	$> 10$	$\geq 0,84$

- (1) A temperatura de retorno deverá ser inferior a 50 °C (caldeiras a gás) ou 45 °C (caldeiras a gasóleo).
- (2) A temperatura média da água na caldeira deverá ser inferior a 60 °C
- d) As bombas de calor para preparação de água quente destinada a climatização e AQS, devem apresentar o certificado “*European Quality Label for Heat Pumps*”, ou, em alternativa, o seu desempenho ter sido avaliado pelo mesmo referencial normativo, EN 14511, tendo um COP mínimo de 2,3;
- e) As bombas de calor destinadas exclusivamente a produção de AQS devem ter um COP mínimo de 2,3;
- f) Os sistemas de produção de AQS com recurso a termoacumuladores elétricos devem cumprir com os requisitos indicados na Tabela 25 e a sua eficiência deve ser

determinada de acordo com as perdas estáticas do equipamento,  $Q_{pr}$ , de acordo com a Tabela 26.

Nas tabelas anteriores os valores tabelados com sombreamento referem-se à classe de eficiência mínima regulamentar para os equipamentos a instalar.

**Tabela 25 - Valores limite de perdas estáticas em termoacumuladores  $Q_{pr}$ , (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Volume V [l]	Dispersão Térmica $Q_{pr}$ [kWh/24h]
$V \leq 200$ l	$Q_{pr} \leq (21 + 10,33.V^{0,4}).24/1000$
$200 < V \leq 500$ l	$Q_{pr} \leq (26 + 13,66.V^{0,4}).24/1000$
$500 < V \leq 1000$ l	$Q_{pr} \leq (31 + 16,66.V^{0,4}).24/1000$
$1000 < V \leq 2000$ l	$Q_{pr} \leq (38 + 16,66.V^{0,4}).24/1000$

**Tabela 26 - Valores de eficiência de termoacumuladores em função de  $Q_{pr}$ , (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Intervalos de $Q_{pr}$ [kWh/24h]	Eficiência
$Q_{pr} < 1$	0,97
$1 \leq Q_{pr} < 1,5$	0,95
$Q_{pr} \geq 1,5$	0,93

### 3.3.6. Sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis

Os sistemas de coletores térmicos a instalar devem proporcionar uma contribuição de energia renovável igual ou superior à calculada para um sistema idêntico ao previsto ou instalado, baseado em coletores solares padrão com as seguintes características:

- a) Orientação a Sul e com inclinação de 35°;
- b) Apresentação dos parâmetros geométricos, óticos e térmicos:
  - Planos com área de abertura de 0,65 m<sup>2</sup> por ocupante convencional;
  - Rendimento ótico de 73%;

- Coeficientes de perdas térmicas  $a_1=4,12 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$  e  $a_2=0,014 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ;
- Modificador de ângulo para incidência de  $50^\circ$  igual a 0,91.

O cálculo do contributo dos coletores solares padrão deve ser realizado com o software SCE.ER, em vez do Solterm (software que já não está em utilização).

Os requisitos relativos às caldeiras, recuperadores de calor e salamandras que utilizem biomassa como combustível, devem obedecer aos requisitos apresentados na Tabela 27.

**Tabela 27 - Eficiência mínima aplicável a caldeiras, recuperadores de calor e salamandras a biomassa, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Equipamento		Eficiência	Norma/ Referência aplicável
Caldeira a combustível sólido	Lenha	$\geq 0,75$	EN12809
	Granulados	$\geq 0,85$	
Recuperadores de calor e salamandras		$\geq 0,75$	EN13220 EN13240 EN14785

As instalações para aproveitamento de energia solar térmica devem ser compostas por sistemas e/ou coletores certificados de acordo com as Normas EN12976 ou EN12975.

Se a área das instalações for superior a  $20 \text{ m}^2$ , então deve dispor de projeto de execução de acordo com o referido na Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho.

Independentemente do tipo de sistema para aproveitamento de fontes de energia renováveis a instalar, estes devem:

- Respeitar os requisitos de projeto e de qualidade dos equipamentos e componentes aplicáveis no âmbito da legislação, regulamentação e normas portuguesas em vigor;
- Ser instalados por instalador devidamente qualificado;
- Possuir registos de instalação e manutenção em base de dados criada e gerida pela entidade gestora do SCE.

### 3.3.7. Requisitos e valores de referência

De acordo com o previsto na Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, alterada pela Portaria 379-A/2015, os requisitos e valores de referência a considerar na conceção de edifícios de habitação novos e existentes e sujeitos a intervenções, bem como nas situações em que estes estejam sujeitos à emissão de pré-certificados e certificados do SCE, são evolutivos e a sua aplicação definida na Tabela 28.

**Tabela 28 - Requisitos e valores de referência a considerar em função do contexto do edifício e data do início do processo de licenciamento ou autorização de edificação, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

			Contexto e Requisitos Aplicáveis aos Edifícios					
			Data da aplicação do requisito e/ou referência					
			Edifícios novos		Edifícios sujeitos a intervenções		Edifícios existentes	
			A partir de 1 dez 2013	A partir de 31 dez 2015	A partir de 1 dez 2013	A partir de 31 dez 2015	A partir de 1 dez 2013	A partir de 31 dez 2015
Data do início do licenciamento ou autorização de edificação	Anterior a 1 dez 2013	... e certificados SCE emitidos até 31 dez 2015	NA	NA	NA	NA	✓	NA
		... e certificados SCE emitidos até 31 dez 2015					NA	✓
	Posterior a 1 dez 2013 e anterior a 31 dez 2015		✓	NA	✓	NA	✓	NA
	A partir de 31 dez 2015		NA	✓	NA	✓	NA	✓

### 3.4. Balanço Energético na Estação de Aquecimento

O Despacho n.º 15793-I/2013 procede à publicação das metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de aquecimento,  $N_{ic}$ , de acordo com a seguinte expressão:

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})/A_p \text{ [kWh/m}^2\text{.ano]} \quad (11)$$

Ou seja, as necessidades nominais de energia útil para a estação de aquecimento, representam um balanço energético onde são contabilizados as perdas por transmissão e ventilação e os ganhos térmicos úteis.

Pode-se, portanto, considerar que quanto maior for o valor de  $N_{ic}$  maior serão os gastos energéticos para aquecer o edifício para uma temperatura de conforto, que é de 18 °C para esta estação.

### 3.4.1. Transferência de calor por transmissão

A transferência de calor por transmissão global,  $Q_{tr,i}$ , que ocorre através da envolvente traduz-se em perdas de calor calculadas de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{tr,i} \text{ [kWh]} \quad (12)$$

O coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento,  $H_{tr,i}$ , traduz a condutância de todas as superfícies dos elementos da envolvente (paredes, envidraçados, coberturas, pavimentos e pontes térmicas planas) e resulta da soma de quatro parcelas:

$$H_{tr,i} = H_{ext} + H_{enu} + H_{adj} + H_{ecs} \text{ [W/°C]} \quad (13)$$

Sendo que o coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior,  $H_{ext}$ , calcula-se de acordo com a seguinte equação:

$$H_{ext} = \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j] \text{ [W/°C]} \quad (14)$$

O valor do coeficiente de transmissão térmica linear da ponte térmica linear,  $\psi$ , determina-se de acordo com as normas europeias em vigor, nomeadamente a Norma EN ISO 10211, com recurso a catálogos de pontes térmicas cujo cálculo obedeça à EN ISO 14683, ou com recurso aos valores expressos na Tabela 29, presente no Despacho n.º 15793-K/2013.

**Tabela 29 - Coeficientes de transmissão térmica linear, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Tipo de ligação		Sistema de isolamento das paredes		
		Isolamento interior	Isolamento exterior	Isolamento repartido ou na caixa de ar de parede dupla
Fachada com pavimentos térreos		0,80	0,70	0,80
Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido	Isolamento sob o pavimento	0,75	0,55	0,75
	Isolamento sobre o pavimento	0,10	0,50	0,35



Tipo de ligação		Sistema de isolamento das paredes		
		Isolamento interior	Isolamento exterior	Isolamento repartido ou na caixa de ar de parede dupla
Fachada com pavimento de nível intermédio		0,60	0,15	0,50
Fachada com varanda		0,60	0,60	0,55
Fachada com cobertura	Isolamento sob a laje de cobertura	0,10	0,70	0,60
	Isolamento sobre a laje de cobertura	1,00	0,80	0,10
Duas paredes verticais com ângulo saliente		0,10	0,40	0,50
Fachada com caixilharia	Isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	0,10	0,10	0,10
	Isolante térmico da parede não contacta com a caixilharia	0,25	0,25	0,25
Zona de caixa de estores		0,30	0,30	0,30

Importa referir que não se contabilizam pontes térmica lineares em paredes de compartimentação que intersetam paredes, coberturas e pavimentos em contacto com o exterior ou com espaços não úteis, nem paredes interiores que separam um espaço não útil ou edifício adjacente, desde que  $b_{tr} \leq 0,7$ .

Os coeficientes de transferências de calor por transmissão através da envolvente em contacto com espaços não úteis,  $H_{enu}$ , e com edifícios adjacentes,  $H_{adj}$ , são calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$H_{enu;adj} = b_{tr} \times \left( \sum_i [U_i \cdot A_i] + \sum_j [\psi_j \cdot B_j] \right) \quad [\text{W/}^\circ\text{C}] \quad (15)$$

O coeficiente de transferência de calor por transmissão através de elementos em contacto com o solo deve ser calculado de acordo com a EN ISO 13370, ou através da seguinte expressão:

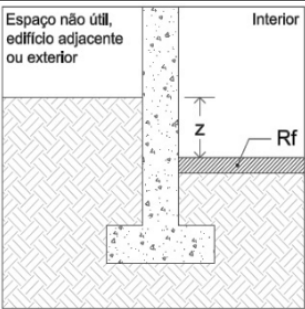
$$H_{ecs} = \sum_i [U_{bf_i} \cdot A_i] + \sum_j [z_j \cdot P_j \cdot U_{bw_j}] \quad [\text{W/}^\circ\text{C}] \quad (16)$$

Para os casos em que o pavimento se encontra ao mesmo nível que o solo, o parâmetro  $z$  toma o valor de zero ( $z=0$ ), logo apenas se considera a primeira parcela da equação. Caso o pavimento térreo possua isolamento térmico perimetral, então,  $U_{bf}$  é substituído pelo coeficiente de transmissão térmica do pavimento com isolamento térmico perimetral,  $U_{f,e}$ .

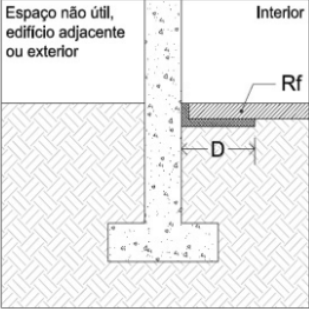
O valor do coeficiente de transmissão térmica de pavimento em contacto com o solo,  $U_{bf}$ , determina-se com base na Tabela 30, Tabela 31 e Tabela 32, em função da dimensão característica do pavimento,  $B$ , de acordo com a equação (17), da resistência térmica de todas as camadas do pavimento,  $R_f$ , com exceção das resistências térmicas superficiais e da largura ou profundidade do isolamento,  $D$ , respetivamente, no caso do isolamento perimetral horizontal ou vertical.

$$B' = \frac{A_p}{0,5 \cdot P} \quad (17)$$

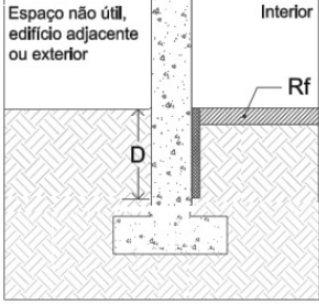
**Tabela 30 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento térmico, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

												
$B'$	$z \leq 0,5 \text{ m}$				$0,5 \text{ m} < z \leq 1,0 \text{ m}$				$1,0 \text{ m} < z \leq 2,0 \text{ m}$			
	$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$			
	0,5	1	2	$\geq 3$	0,5	1	2	$\geq 3$	0,5	1	2	$\geq 3$
3	0,65	0,57	0,32	0,24	0,57	0,44	0,30	0,23	0,51	0,41	0,29	0,22
4	0,57	0,52	0,3	0,23	0,52	0,41	0,28	0,22	0,47	0,37	0,27	0,21
6	0,47	0,43	0,27	0,21	0,43	0,35	0,25	0,2	0,40	0,33	0,24	0,19
10	0,35	0,32	0,22	0,18	0,32	0,28	0,21	0,17	0,30	0,26	0,20	0,17
15	0,27	0,25	0,18	0,15	0,25	0,22	0,18	0,15	0,24	0,21	0,17	0,14
$\geq 20$	0,22	0,21	0,16	0,13	0,21	0,18	0,15	0,13	0,20	0,18	0,15	0,13
$B'$	$2,0 \text{ m} < z \leq 3,0 \text{ m}$				$z > 3,0 \text{ m}$							
	$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$				$R_f \text{ [(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W]}$							
	0,5	1	2	$\geq 3$	0,5	1	2	$\geq 3$				
3	0,45	0,37	0,27	0,21	0,39	0,32	0,24	0,20				
4	0,42	0,34	0,25	0,20	0,36	0,30	0,23	0,19				
6	0,36	0,30	0,23	0,18	0,31	0,27	0,21	0,17				
10	0,28	0,24	0,19	0,16	0,25	0,22	0,18	0,15				
15	0,22	0,20	0,16	0,14	0,20	0,18	0,15	0,13				
$\geq 20$	0,19	0,17	0,14	0,12	0,17	0,16	0,13	0,12				

**Tabela 31 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral horizontal, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

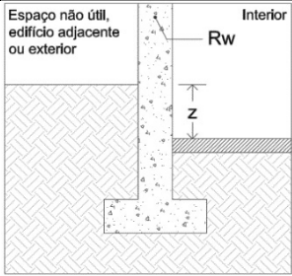
															
$B'$	$D = 0,5 \text{ m}$					$D = 1,0 \text{ m}$					$D = 1,5 \text{ m}$				
	$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$				
	0	0,5	1	2	$\geq 3$	0	0,5	1	2	$\geq 3$	0	0,5	1	2	$\geq 3$
3	0,86	0,60	0,46	0,29	0,21	0,79	0,57	0,44	0,29	0,20	0,75	0,55	0,42	0,28	0,20
4	0,74	0,54	0,42	0,29	0,21	0,69	0,52	0,41	0,28	0,21	0,66	0,50	0,40	0,28	0,20
6	0,59	0,45	0,36	0,26	0,20	0,55	0,43	0,36	0,26	0,20	0,53	0,42	0,35	0,26	0,20
10	0,42	0,34	0,28	0,22	0,18	0,40	0,33	0,28	0,22	0,18	0,38	0,32	0,27	0,21	0,18
15	0,32	0,26	0,23	0,18	0,15	0,30	0,25	0,22	0,18	0,15	0,29	0,25	0,22	0,18	0,15
20	0,26	0,21	0,19	0,15	0,13	0,24	0,21	0,19	0,15	0,13	0,24	0,21	0,18	0,15	0,13

**Tabela 32 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento térmico perimetral vertical, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

															
$B'$	$D = 0,5 \text{ m}$					$D = 1,0 \text{ m}$					$D = 1,5 \text{ m}$				
	$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					$R_f [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$				
	0	0,5	1	2	$\geq 3$	0	0,5	1	2	$\geq 3$	0	0,5	1	2	$\geq 3$
3	0,79	0,57	0,44	0,29	0,20	0,72	0,53	0,41	0,27	0,20	0,68	0,50	0,39	0,26	0,19
4	0,69	0,52	0,41	0,28	0,21	0,63	0,49	0,39	0,27	0,20	0,60	0,47	0,38	0,26	0,20
6	0,55	0,43	0,36	0,26	0,20	0,51	0,41	0,34	0,25	0,20	0,49	0,40	0,33	0,25	0,19
10	0,40	0,33	0,28	0,22	0,18	0,38	0,31	0,27	0,21	0,17	0,36	0,31	0,27	0,21	0,17
15	0,30	0,25	0,22	0,18	0,15	0,29	0,25	0,22	0,18	0,15	0,28	0,24	0,21	0,17	0,15
20	0,24	0,21	0,19	0,15	0,13	0,23	0,20	0,18	0,15	0,13	0,23	0,20	0,18	0,15	0,13

O valor do coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o solo,  $U_{bw}$ , determina-se conforme a Tabela 33, em função da resistência térmica da parede sem resistências térmicas superficiais,  $R_w$ , e pela profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo,  $z$ .

**Tabela 33 - Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno,  
(Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

						
Z	$R_w [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$					
[m]	0	0,5	1	1,5	2	$\geq 3$
0	5,62	1,43	0,82	0,57	0,44	0,30
0,5	2,77	1,10	0,70	0,51	0,40	0,28
1	1,97	0,91	0,61	0,46	0,36	0,26
2	1,32	0,70	0,50	0,38	0,31	0,23
4	0,84	0,50	0,38	0,30	0,25	0,19
$\geq 6$	0,64	0,39	0,31	0,25	0,21	0,17

### 3.4.2. Transferência de calor por ventilação

As perdas de calor derivadas da renovação de ar durante a estação de aquecimento são calculadas de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \cdot GD \cdot H_{ve,i} \quad [kWh] \quad (18)$$

Sendo que:

$$H_{ve,i} = 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d \quad [W/^\circ C] \quad (19)$$

Caso a ventilação seja assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, a energia necessária relativa às perdas que ocorrem por ventilação é calculada pela seguinte equação:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \cdot GD \cdot b_{ve,i} \cdot 0,34 \cdot R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d \quad [kWh] \quad (20)$$

Em que  $b_{ve,i}$  é o fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor e é determinado de acordo com a seguinte equação:

$$b_{ve,i} = 1 - \eta_{RC} \cdot \frac{\dot{V}_{ins}}{R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d} \quad (21)$$

O valor da taxa de renovação de ar,  $R_{ph}$ , toma o valor de projeto para os casos em que o edifício esteja em conformidade com as disposições da norma NP 1037-1 no caso da ventilação natural, ou da norma NP 1037-2 no caso da ventilação mecânica centralizada.

Nos casos em que não se verifique o cumprimento das condições anteriores, o valor da taxa de renovação de ar deve ser determinado de acordo com a norma EN 15242, considerando:

- Permeabilidade da envolvente ao ar;
- Existência de dispositivos de admissão de ar na fachada;
- Existência de condutas de ventilação;
- Sistemas mecânicos ou híbridos;
- Efeito de chaminé;
- Efeito de ação do vento.

Para que exista cumprimento do n.º 3, do ponto 12.1, do Despacho n.º 15793-K/2013, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) disponibiliza uma folha de cálculo para determinar o valor de  $R_{ph}$  (Pinto, 2014), que define uma metodologia que passa pela caracterização dos seguintes parâmetros:

#### 1. Enquadramento do Edifício:

Neste ponto pretende-se que seja definida a região, rugosidade, o número de fachadas expostas, e se existe proteção, ou não, das fachadas.

- Quanto à região, pode ser região A ou B, sendo que a região B compreende as regiões autónomas dos Açores e da Madeira e as localidades situadas numa faixa de 5 km de largura juntas à costa e/ou de altitude superior a 600 m.
- Em relação à rugosidade, esta pode tomar três valores, I, II e III, consoante a localização do edifício, numa zona urbana, na periferia de zona urbana ou zona rural e em zonas muito expostas, sem quaisquer obstáculos, respetivamente.
- Quanto ao número de fachadas, considera-se que a fração tem apenas uma fachada exposta ao exterior, quando a área dessa fachada representa mais de 70% da área

total de fachadas da fração e quando as aberturas de ventilação se localizam apenas nessa fachada. Todos os restantes casos, considera-se que existem duas fachadas.

- A proteção das fachadas é determinada, esta pode ser desprotegida, normal ou protegida, dependendo da altura dos edifícios envolventes e da distância destes ao edifício em estudo.

## 2. Permeabilidade ao ar da envolvente:

Se tiver sido realizado o ensaio de pressurização de acordo com a norma EN 13829, deve ser utilizado o valor  $n_{50}$  resultante desse ensaio. Caso não tenha sido efetuado este ensaio deve considerar-se a permeabilidade das caixilharias que admite as seguintes classificações: Sem classe, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Já as caixas de estores podem ser classificadas com permeabilidade baixa ou elevada, no entanto, se a caixa de estores for exterior e não comunique com o interior, esta não deve ser considerada. Se após o ensaio de permeabilidade se concluir que o caudal de infiltração de ar por unidade de comprimento é inferior a  $1 \text{ m}^3/\text{h.m}$ , então a permeabilidade é considerada baixa. Caso a caixa de estores permitir ligação com o exterior, apenas na zona de passagem da fita, então a permeabilidade é baixa. Considera-se também permeabilidade baixa se a caixa de estores apresentar um vedante sob compressão adequada em toda a periferia das juntas.

Porém, todos os restantes casos são considerados como permeabilidade elevada.

## 3. Aberturas de admissão de ar:

As aberturas de admissão de ar são classificadas como de aberturas fixas, reguláveis manualmente e aberturas autorreguláveis.

A relação entre a pressão e o caudal de ar escoado através de aberturas fixas ou reguláveis manualmente é obtido de acordo com a seguinte expressão:

$$q_v = 0,281 \cdot \Delta P^{-0,5} \cdot A \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (22)$$

No caso específico das instalações sanitárias sem condutas de evacuação e com janelas exteriores, o efeito da abertura destas janelas na ventilação poderá ser estimado com base numa abertura fixa até  $250 \text{ cm}^2$  de área livre por janela.

#### 4. Condutas de admissão e de evacuação natural do ar:

No cálculo da taxa de  $R_{ph}$  deve ser considerado o impacto das condutas, admitindo-se as perdas de carga na chaminé e o efeito da localização da sua saída na cobertura, relacionadas pela seguinte expressão:

$$q_v = C \cdot \Delta P^{-0,5} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (23)$$

A constante  $C$  determina-se com base em ensaios e cálculos das perdas de carga existentes nas condutas, podendo para os efeitos, adotar as expressões constantes da Tabela 34.

**Tabela 34 - Constante da curva característica de condutas de ventilação natural, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Perda de Carga	Conduta	Constante C
Baixa	$D \geq 200 \text{ mm}$ e $A_{\text{livre}}/A_{\text{conduta}} \geq 70\%$	$\frac{113}{\sqrt{2,03 + 0,14 L}}$
Média	$125 \text{ mm} \leq D \leq 200 \text{ mm}$ e $A_{\text{livre}}/A_{\text{conduta}} \geq 70\%$	$\frac{44,2}{\sqrt{1,93 + 0,14 L}}$
Alta	$D < 125 \text{ mm}$ ou $A_{\text{livre}}/A_{\text{conduta}} < 70\%$	$\frac{28,3}{\sqrt{3,46 + 0,21 L}}$
-	$A_{\text{livre}}/A_{\text{conduta}} < 10\%$	0

#### 5. Condutas de insuflação ou de evacuação mecânica do ar:

Em frações dotadas de sistema mecânicos ou híbridos que asseguram a insuflação ou extração de um caudal de ar contínuo, considera-se esse valor para efeitos de cálculo.

Em sistemas de caudal de ar variável, considera-se o caudal de ar médio diário

Nos edifícios existentes, na ausência de outra informação, pode ser considerado um caudal de ar extraído de 45 m<sup>3</sup>/h em cada instalação sanitária e de 100 m<sup>3</sup>/h na cozinha.

#### 6. Resultados:

Os resultados obtidos através da utilização da folha de cálculo referida anteriormente permitem identificar o valor da taxa de  $R_{ph}$  de aquecimento e de arrefecimento.

### 3.4.3. Ganhos térmicos úteis

Os ganhos térmicos podem ser provenientes de fontes de calor internas, ou através da radiação solar e a parte desses ganhos que se traduz em ganhos internos úteis,  $Q_{gu,i}$ , obtém-se de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{gu,i} = \eta_i \cdot Q_{g,i} \quad [\text{kWh}] \quad (24)$$

Os ganhos térmicos brutos,  $Q_{g,i}$ , podem ser obtidos de acordo com a seguintes equação:

$$Q_{g,i} = Q_{int,i} + Q_{sol,i} \quad [\text{kWh}] \quad (25)$$

Os ganhos internos são calculados, durante toda a estação de aquecimento, de acordo com a equação seguinte:

$$Q_{int,i} = 0,72 \cdot q_{int} \cdot M \cdot A_p \quad [\text{kWh}] \quad (26)$$

Os ganhos internos médios por unidade de área útil,  $q_{int}$ , tomam o valor de 4 W/m<sup>2</sup>

Os ganhos solares brutos através dos vãos envidraçados na estação de aquecimento,  $Q_{sol,i}$ , devem ser calculados conforme a seguinte equação:

$$Q_{sol,i} = G_{sul} \cdot \sum_j \left[ X_j \cdot \sum_n F_{s,i_{nj}} \cdot A_{s,i_{nj}} \right] \cdot M \quad [\text{kWh}] \quad (27)$$

O fator de orientação,  $X_j$ , pode ser determinado, para as diferentes exposições, de acordo com a tabela seguinte:

**Tabela 35 - Fator de orientação para as diferentes exposições, (Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013)**

Orientação do vão	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
$X_j$	0,27	0,33	1	0,84	0,56	0,89

A área efetiva coletora,  $A_{s,i_{nj}}$ , deve ser calculada vão a vão, de acordo com a seguinte equação:

$$A_{s,i_{nj}} = A_w \cdot F_g \cdot g_i \quad [\text{m}^2] \quad (28)$$

A fração envidraçada,  $F_g$ , obtém-se de acordo com o Despacho n.º 15793-K/2013, conforme a Tabela 36:



**Tabela 36 - Fração envidraçada, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Caixilharia	$F_g$	
	Sem quadrícula	Com quadrícula
Alumínio ou aço	0,70	0,60
Madeira ou PVC	0,65	0,57
Fachada-cortina de alumínio ou aço	0,90	-

Caso não existam qualquer tipo de dispositivos de sombreamento, o fator solar do vão envidraçado na estação de aquecimento,  $g_i$ , deverá ser determinado conforme a expressão:

$$g_i = F_{w,i} \cdot g_{\perp,vi} \quad (29)$$

Sendo que o fator de seletividade angular, na estação de aquecimento, toma o valor de 0,9 e a expressão  $g_{\perp,vi}$  corresponde ao fator solar do vidro para uma incidência normal à superfície do vidro.

No caso de vão envidraçado interiores, adjacentes a um espaço não útil, a área efetiva coletora determina-se de acordo com a seguinte expressão:

$$A_{s,ijnj} = (A_w)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (f_g)_{enu} \cdot (g_i)_{int} \cdot (g_i)_{enu} \quad [m^2] \quad (30)$$

Ainda de acordo com o mesmo despacho, o fator de obstrução da superfície,  $F_{s,ijnj}$ , representa a redução da radiação solar que incide nos envidraçados devido ao sombreamento provocado por diferentes obstáculos, como obstruções exteriores, edifícios, orografia e vegetação ou obstruções criadas por elementos do próprio edifício, tais como outros corpos do mesmo edifício, palas, varandas e elementos de enquadramento do vão externo à caixilharia. Desta forma, o valor do fator de obstrução calcula-se de acordo com a seguinte equação:

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (31)$$

Na contabilização do efeito de sombreamento do contorno do vão o produto de  $F_o$  por  $F_f$  não deve ser superior a 0,9 e terá que obedecer sempre à seguinte condição:

$$X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f \geq 0,27 \quad (32)$$

Os valores dos fatores de sombreamento do horizonte,  $F_h$ , provocados por elementos horizontais,  $F_o$ , e verticais,  $F_f$ , para a estação de aquecimento apresentam-se nas tabelas 37 a 39.

**Tabela 37 - Valores dos fatores de sombreamento do horizonte  $F_h$  na estação de aquecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Ângulo do horizonte	Portugal Continental e RAA Latitude de 39°						RAM Latitude 33°					
	H	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S	H	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10°	0,99	1	0,96	0,94	0,96	0,97	1	1	0,96	0,96	0,97	0,98
20°	0,95	1	0,96	0,84	0,88	0,90	0,96	1	0,91	0,87	0,90	0,93
30°	0,82	1	0,85	0,71	0,68	0,67	0,88	1	0,85	0,75	0,77	0,80
40°	0,67	1	0,81	0,61	0,52	0,50	0,71	1	0,81	0,64	0,59	0,58
45°	0,62	1	0,80	0,58	0,48	0,45	0,64	1	0,80	0,60	0,53	0,51

**Tabela 38 - Valores dos fatores de sombreamento de elementos horizontais  $F_o$  na estação de aquecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Ângulo da pala horizontal	Portugal Continental e RAA Latitude de 39°					RAM Latitude 33°				
	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S
0°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30°	0,98	0,86	0,75	0,68	0,63	0,97	0,84	0,74	0,69	0,68
45°	0,97	0,78	0,64	0,57	0,55	0,95	0,76	0,63	0,60	0,62
60°	0,94	0,70	0,55	0,50	0,52	0,92	0,68	0,55	0,54	0,60

**Tabela 39 - Valores dos fatores de sombreamento de elementos verticais  $F_f$  na estação de aquecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Posição da Pala	Ângulo	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
À esquerda	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	1	1	0,97	0,93	0,91	0,87	0,89
	45°	1	1	1	0,95	0,88	0,86	0,8	0,84
	60°	1	1	1	0,91	0,83	0,79	0,72	0,8
À direita	0°	1	1	1	1	1	1	1	1
	30°	1	0,89	0,87	0,91	0,93	0,97	1	1
	45°	1	0,84	0,8	0,86	0,88	0,95	1	1
	60°	1	0,8	0,72	0,79	0,83	0,91	1	1

Com o intuito de quantificar a percentagens de ganhos que efetivamente são utilizados determina-se o fator de utilização desses mesmo ganhos, que, para ambas as estações obtêm-se de acordo com as seguintes expressões:

$$a) \text{ Se } \gamma \neq 1 \text{ e } \gamma > 0, \text{ então, } \eta = \frac{1-\gamma^a}{1-\gamma^{a+1}} \quad (33)$$

$$b) \text{ Se } \gamma = 1, \text{ então, } \eta = \frac{a}{a+1} \quad (34)$$

$$c) \text{ Se } \gamma < 0, \text{ então, } \eta = \frac{1}{\gamma} \quad (35)$$

Sendo que o parâmetro  $a$  é função da classe de inércia térmica do edifício e toma o valor 1,8 para inércia térmica fraca, 2,6 para média e 4,2 para forte.

Para a determinação do parâmetro  $\gamma$  recorre-se à seguinte expressão:

$$\gamma = \frac{Q_g}{(Q_{tr} + Q_{ve})} \quad (36)$$

#### **3.4.4. Inércia térmica**

A classe de inércia térmica do edifício ou fração determina-se de acordo com a Tabela 40, de acordo com o valor da massa superficial útil por metro quadrado de área de pavimento,  $I_t$ .

**Tabela 40 - Classes de inércia térmica, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Classe de inércia térmica	$I_t$ [kg/m <sup>2</sup> ]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

O valor de  $I_t$  calcula-se através da seguinte expressão:

$$I_t = \frac{\sum_i M_{si} \cdot r \cdot s_i}{A_p} \quad [\text{kg/m}^2] \quad (37)$$

A massa superficial útil do elemento,  $M_{si}$ , depende do elemento em estudo, existindo para tal, três classificações possíveis:

- EL1 – Elementos da envolvente exterior ou da envolvente interior, ou elementos de construção em contacto com outra fração autónoma ou com edifício adjacente;
- EL2 – Elementos em contacto com o solo;
- EL3 – Elementos de compartimentação interior da fração autónoma (parede ou pavimento).

Para os diferentes tipos de elementos, os valores de  $M_{si}$  e respetivos limites encontram-se expressos na Tabela 41.

**Tabela 41 - Massa superficial útil dos diferentes elementos e respetivo limite**

Elementos do tipo EL1			
Constituição do elemento construtivo		$M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	Valor limite de $M_{si}$
Sem isolamento térmico	Sem caixa de ar	mt/2	150 kg/m <sup>2</sup>
	Com caixa de ar	mpi	
Com isolamento térmico	-	mi	
	Com caixa de ar entre o isolante e a face interior	mpi	
Elementos do tipo EL2			
Constituição do elemento construtivo		$M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	Valor limite de $M_{si}$
Sem isolamento térmico		150	150 kg/m <sup>2</sup>
Com isolamento térmico		mi	
Elementos do tipo EL3			
Constituição do elemento construtivo		$M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	Valor limite de $M_{si}$
Sem isolamento térmico		mt	300 kg/m <sup>2</sup>
Com isolamento térmico		$\Sigma$ mi	

O fator de redução da massa superficial,  $r$ , depende da resistência térmica do revestimento superficial interior, com inclusão da resistência térmica de uma eventual caixa de ar associada,  $R$ , considerando-se o disposto na Tabela 42.

**Tabela 42 - Fator de redução da massa superficial dos diferentes elementos**

<b>Elementos do tipo EL1 e EL2</b>		
Resistência térmica do revestimento superficial interior $R \quad (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W})$		Fator de redução $r$
$> 0,3$		0
$0,14 \leq R \leq 0,3$		0,5
$< 0,14$		1
<b>Elementos do tipo EL1 e EL2</b>		
Resistência térmica do revestimento superficial interior $R \quad (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W})$		Fator de redução $r$
Numa das faces	Noutra face	
$> 0,3$	$> 0,3$	0
$> 0,3$	$0,14 \leq R \leq 0,3$	0,25
$> 0,3$	$< 0,14$	0,5
$0,14 \leq R \leq 0,3$	$0,14 \leq R \leq 0,3$	0,5
$0,14 \leq R \leq 0,3$	$< 0,14$	0,75
$< 0,14$	$< 0,14$	1

### 3.4.5. Necessidades anuais de energia útil para aquecimento ambiente

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento do edifício,  $N_{ic}$ , é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$N_{ic} = (Q_{tr,i} + Q_{ve,i} - Q_{gu,i})/A_p \quad [\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (38)$$

Para o cálculo do valor máximo permitido para as necessidades energéticas durante esta estação,  $N_i$ , a metodologia utilizada considera a mesma fração, mas utilizando soluções de referência, nomeadamente:

- A transferência de calor por transmissão através da envolvente, de referência,  $Q_{tr,i}$ , deve ser calculada recorrendo-se aos seguintes parâmetros:

- Coeficientes de transmissão térmica superficial de referência,  $U_{ref}$ , para vão opacos e envidraçados, previstos na tabela seguinte:

**Tabela 43 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Portugal Continental				
$U_{ref}$ [W/m².°C]  Zona corrente da envolvente:		Zona Climática		
		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com btr > 0,7	Elementos Opacos Verticais	0,50	0,40	0,35
	Elementos Opacos Horizontais	0,40	0,35	0,30
Em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com btr ≤ 0,7	Elementos Opacos Verticais	0,8	0,7	0,6
	Elementos Opacos Horizontais	0,60	0,60	0,50
Vãos Envidraçados		2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50		
Regiões Autónomas				
$U_{ref}$ [W/m².°C]  Zona corrente da envolvente:		Zona Climática		
		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com btr > 0,7	Elementos Opacos Verticais	0,70	0,60	0,45
	Elementos Opacos Horizontais	0,45	0,40	0,35
Em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com btr ≤ 0,7	Elementos Opacos Verticais	0,90	0,80	0,70
	Elementos Opacos Horizontais	0,70	0,70	0,60
Vãos Envidraçados		2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50		

- Coeficientes de transmissão térmica linear de referência,  $\psi_{ref}$ , expressos na tabela que a seguir se apresenta:

**Tabela 44 - Coeficientes de transmissão térmica linear de referência, (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Tipo de ligação	$\psi_{ref}$ [W/(m.°C)]
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio Fachada com varanda	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia Zona de caixa de estores	0,20

- A área de vão envidraçados deve ser no máximo 20% da área interior útil, sendo o excedente adicionado à área da envolvente opaca.
- A transferência de calor por ventilação através da envolvente, de referência,  $Q_{ve,i_{ref}}$ , deve ser a determinada utilizando o valor de  $R_{ph_{ref}}$  igual ao do edifício em estudo, até um máximo de 0,6 renovações por hora;
- Os ganhos de calor úteis de referência,  $Q_{gu,i_{ref}}$ , calculam-se recorrendo-se aos seguintes parâmetros:

- Ganhos térmicos provenientes da radiação solar e internos;

$$Q_{sol} = G_{sul} \cdot 0,182 \cdot 0,20 \cdot A_p \cdot M \quad [\text{kWh}] \quad (39)$$

- Fator de utilização dos ganhos, de referência,  $\eta_{i_{ref}}$ , que toma o valor de 0,6.

Sucintamente, a expressão para determinar o valor máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento,  $N_i$ , é dada por:

$$N_i = (Q_{tr,i_{ref}} + Q_{ve,i_{ref}} - Q_{gu,i_{ref}}) / A_p \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (40)$$

### 3.5. Balanço Energético na Estação de Arrefecimento

Para efetuar o cálculo do balanço energético de um edifício na estação de arrefecimento, nomeadamente as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento,  $N_{vc}$ ,



deve recorrer-se à metodologia expressa no Despacho n.º 15793-I/2013, conforme a seguir se apresenta:

$$N_{vc} = (1 - \eta_v)Q_{g,v}/A_p \quad [\text{kWh/m}^2\cdot\text{ano}] \quad (41)$$

Estas necessidades resultam dos ganhos de calor que são responsáveis pelo aumento da temperatura interior da habitação para além dos 25 °C, ao longo desta estação, e cujo valor depende das trocas que podem ocorrer por transmissão,  $Q_{tr,v}$ , renovação de ar,  $Q_{ve,v}$ , e da inércia térmica.

### 3.5.1. Transferência de calor por transmissão

A transferência de calor por transmissão,  $Q_{tr,v}$ , que ocorre através da envolvente traduz-se, na maior parte do território nacional, em perdas de calor calculadas de acordo com a seguinte expressão:

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \cdot (\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \cdot L_v/1000 \quad [\text{kWh}] \quad (42)$$

Como  $\theta_{v,ref}$  é sempre 25 °C para a estação de arrefecimento e  $L_v$  diz respeito à duração da estação de arrefecimento que para o Verão corresponde a 2928 horas, pode simplificar-se a expressão para a seguinte forma:

$$Q_{tr,v} = H_{tr,v} \cdot (25 - \theta_{v,ext}) \cdot 2,928 \quad [\text{kWh}] \quad (43)$$

À semelhança da estação de aquecimento, o coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento,  $H_{tr,v}$ , encontra-se definido no Despacho n.º 15793-K/2013, e resulta apenas da soma de três coeficientes, já definidos na estação de aquecimento, o de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior,  $H_{ext}$ , o de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com espaços não úteis,  $H_{enu}$ , e o coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo,  $H_{ecs}$ , como representado na seguinte equação:

$$H_{tr,v} = H_{ext} + H_{enu} + H_{ecs} \quad [\text{W/}^\circ\text{C}] \quad (44)$$

Ou seja, pode-se constatar que nesta estação não são contabilizadas as trocas de calor provenientes dos elementos em contacto com edifícios adjacente.

### 3.5.2. Transferência de calor por ventilação

As transferências de calor originadas pela renovação de ar durante a estação de arrefecimento é calculada de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{ve,v} = H_{ve,v} \cdot (25 - \theta_{v,ext}) \cdot 2,928 \quad [\text{kWh}] \quad (45)$$

Onde:

$$H_{ve,v} = 0,34 \cdot R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d \quad [\text{W}^\circ\text{C}] \quad (46)$$

Note-se que, como na maior parte do território nacional, a temperatura média exterior ao longo dos meses de junho, julho, agosto e setembro é inferior a 25 °C, estas trocas por ventilação correspondem a perdas de energia.

Caso a ventilação seja assegurada por meios providos de dispositivos de recuperação de calor do ar extraído, deve existir um *by-pass* ao mesmo, sendo que, caso tal não se verifique, a transferência de calor por renovação de ar é calculada pela seguinte equação:

$$Q_{ve,v} = b_{ve,v} \cdot 0,34 \cdot R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d \cdot (25 - \theta_{v,ext}) \cdot 2,928 \quad [\text{kWh}] \quad (47)$$

Em que  $b_{ve,i}$  é o fator de correção da temperatura tendo em conta o sistema de recuperação de calor e é determinado de acordo com a seguinte equação:

$$b_{ve,v} = 1 - \eta_{RC} \cdot \frac{\dot{V}_{ins}}{R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d} \quad (48)$$

### 3.5.3. Ganhos térmicos úteis

Os ganhos térmicos podem ser provenientes de fontes de calor internas, ou através da radiação solar e obtém-se de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{g,v} = Q_{int,v} + Q_{sol,v} \quad [\text{kWh}] \quad (49)$$

Os ganhos internos são calculados, durante toda a estação de aquecimento, de acordo com a equação seguinte:

$$Q_{int,v} = q_{int} \cdot A_p \cdot 2,928 \quad [\text{kWh}] \quad (50)$$

Os ganhos internos médios por unidade de área útil,  $q_{int}$ , tomam o valor de 4 W/m<sup>2</sup>, logo:

$$Q_{int,v} = 4 \cdot A_p \cdot 2,928 \quad [\text{kWh}] \quad (51)$$

Os ganhos solares provenientes dos vãos opacos e envidraçados na estação de arrefecimento,  $Q_{sol,v}$ , devem ser calculados conforme a seguinte equação:

$$Q_{sol,v} = \sum_j \left[ I_{solj} \cdot \sum_n F_{s,v_{nj}} \cdot A_{s,v_{nj}} \right] \quad [kWh] \quad (52)$$

A energia solar média incidente numa superfície com a orientação  $j$  durante toda a estação de arrefecimento pode ser obtida na Tabela 5.

A área efetiva coletora,  $A_{s,v_{nj}}$ , deve ser calculada de acordo com a seguinte equação:

$$A_{s,v_{nj}} = A_w \cdot F_g \cdot g_v \quad [m^2] \quad (53)$$

No caso de vão envidraçados interiores, adjacentes a espaços não úteis a área efetiva coletora deve ser calculada de acordo com a seguinte expressão:

$$A_{s,v_{nj}} = (A_w)_{int} \cdot (F_g)_{int} \cdot (g_v)_{int} \cdot (g_v)_{enu} \quad [m^2] \quad (54)$$

A fração envidraçada,  $F_g$ , obtém-se de acordo com os valores apresentados anteriormente, para a estação de aquecimento, na Tabela 36.

O fator solar do vão envidraçado na estação de arrefecimento,  $g_v$ , obtém-se, ao contrário da estação de aquecimento, considerando que por forma a minimizar a incidência de radiação solar, os dispositivos de proteção solar encontram-se ativos uma fração do tempo que depende do octante no qual o vão está orientado, conforme a seguinte expressão:

$$g_v = F_{mv} \cdot g_T + (1 - F_{mv}) \cdot g_{Tp} \quad (55)$$

A fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram totalmente ativados na estação de arrefecimento,  $F_{mv}$ , em função da sua orientação, encontra-se na Tabela 45, caso não exista dispositivos móveis, então  $F_{mv} = 0$ .

**Tabela 45 - Fração de tempo em que os dispositivos móveis se encontram ativados, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Orientação do vão	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	H
$F_{mv}$	0	0,4	0,6	0,7	0,6	0,9

Caso não exista dispositivos de proteção solar fixos, então:

$$g_{Tp} = F_{w,v} \cdot g_{\perp,vi} \quad (56)$$

O valor do fator de correção de seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento,  $F_{w,v}$ , obtém-se através da consulta da Tabela 46:

**Tabela 46 - Fator de correção da seletividade angular dos envidraçados na estação de arrefecimento, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Orientação do vão	$F_{w,v}$					
	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W	Outros casos
Vidro plano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90	0,90
Vidro plano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85	0,90

A área efetiva coletiva de radiação solar da envolvente opaca exterior é dada através da seguinte expressão:

$$A_{s,v_{nj}} = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se} \quad [m^2] \quad (57)$$

Sendo que, os valores de  $\alpha$  encontram-se expressos na Tabela 12.

Se se verificar a existência de sistemas ventilados em paredes, para além do coeficiente  $\alpha$ , deve também ter-se em conta o fator que exprime o efeito da emissividade das faces interiores do revestimento e do grau de ventilação da caixa de ar, de acordo com a Tabela 47.

**Tabela 47 - Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma fachada ventilada e o valor do coeficiente de absorção do parâmetro exterior, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Elemento	Fator
Face interior do revestimento exterior de baixa emissividade e/ ou caixa de ar fortemente ventilada	0,10
Outros casos	0,25

Caso se verifiquem coberturas em desvão deve ter-se em conta também o fator que exprime o efeito de emissividade da face interior desta e do grau de ventilação do desvão, como representado na Tabela 48.

**Tabela 48 - Razão entre o valor do coeficiente de absorção a considerar no cálculo dos ganhos de calor através de uma cobertura em desvão e o valor do coeficiente de absorção da cobertura exterior, (Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013)**

Desvão	Emissividade	Fator
Fortemente ventilado	Normal	0,8
	Baixa	0,7
Fracamente ventilado	Normal	1,0
	Baixa	0,9
Não ventilado	Normal	1,00
	Baixa	

O fator de obstrução da superfície para a estação de arrefecimento,  $F_{s,v_{nj}}$ , está também definido no Despacho n.º 15793-K/2013, através da expressão:

$$F_s = F_h \cdot F_o \cdot F_f \quad (58)$$

Em comparação com a estação de aquecimento, este difere pelos valores que admite em relação ao fator de sombreamento do horizonte,  $F_h$ , que toma sempre o valor de 1 para esta estação, e em relação ao sombreamento horizontal,  $F_o$ , e vertical,  $F_f$  que admite os valores expressos na Tabela 13 e Tabela 14.

Desta forma, pode otimizar-se a expressão anterior para:

$$F_s = 1 \cdot F_o \cdot F_f \quad (59)$$

Não obstante, o produto dos dois fatores de obstrução não pode ser superior a 0,9.

Para a envolvente de envidraçados interiores considera-se que os elementos opacos no ENU não causam qualquer tipo de sombreamento, logo, na ausência de outros sombreamento, este valor é igual a 1.

Para a envolvente opaca exterior a determinação deste parâmetro é opcional e caso seja considerada, deve ser efetuada de forma igual à prevista para os vãos envidraçados. Caso não seja considerada o fator de obstrução toma o valor de 1.

O fator dos ganhos para a estação de arrefecimento, como descrito anteriormente, são determinados da mesma forma que o fator de ganhos para a estação de aquecimento, ou seja, de acordo com a equação (33), (34) e (35).

#### 3.5.4. Necessidades anuais de energia útil para arrefecimento ambiente

O valor das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento do edifício,  $N_{vc}$ , é determinado de acordo com a seguinte expressão:

$$N_{vc} = (1 - \eta_v) Q_{g,v} / A_p \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (60)$$

De acordo com a Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, alterada pela Portaria 379-A/2015, de 22 de outubro, para contabilizar o valor máximo das necessidades de energia útil para arrefecimento,  $N_v$ , deve utilizar-se a metodologia considerada no cálculo das necessidades nominais anuais de energia útil para a estação de arrefecimento,  $N_{vc}$ , porém, devem ser considerados valores de referência, de acordo com a seguinte expressão:

$$N_v = (1 - \eta_{v_{ref}}) Q_{g,v_{ref}} / A_p \quad [\text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}] \quad (61)$$

O fator de utilização dos ganhos de referência na estação de arrefecimento de referência é dado por:

$$\eta_{v_{ref}} = \left\{ \begin{array}{cc} 0,52 + 0,22 \ln \Delta \theta & \Delta \theta > 1 \\ 0,45 & 0 \leq \Delta \theta \leq 1 \\ 0,30 & \Delta \theta \leq 0 \end{array} \right\} \quad \text{e} \quad \Delta \theta = \theta_{ref} - \theta_{ext,v} \quad (62)$$

Os ganhos térmicos de referência da estação de arrefecimento são dados por:

$$\frac{Q_{g,v_{ref}}}{A_p} = \left[ q_{int} \cdot \frac{L_v}{1000} + g_{v_{ref}} \left( \frac{A_w}{A_p} \right)_{ref} \cdot I_{sol_{ref}} \right] \quad (63)$$

Como  $q_{int}$  é igual a 4,  $L_v$  igual a 2892,  $g_{v_{ref}}$  igual a 0,43 e  $\left( \frac{A_w}{A_p} \right)_{ref}$  igual a 20%, então:

$$\frac{Q_{g,v_{ref}}}{A_p} = [4 \cdot 2,928 + 0,43 \cdot 0,20 \cdot I_{sol_{ref}}] \quad (64)$$

Em que  $I_{sol_{ref}}$  representa a radiação solar média de referência, ou seja, numa superfície orientada a Oeste.

### 3.6. Necessidades de Energia para Preparação de AQS

A energia útil necessária para a produção de AQS durante um ano é calculada de acordo com a seguinte equação:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot n_d}{3600000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (65)$$

Sendo que, o aumento de temperatura para a preparação das AQS corresponde a 35 °C e considerando o número de dias, num ano, de 365, vem:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot 35 \cdot 365}{3600000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (66)$$

O valor do consumo médio diário de referência,  $M_{AQS}$ , para os edifícios de habitação é contabilizado como 40 litros por ocupante, utilizando a referência da tipologia dos edifícios, multiplicando ainda esse valor pelo fator de eficiência hídrica,  $f_{eh}$ , sendo que para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, deve ser adotado o valor de 0,90, nos restantes casos deve ser adotado o valor de 1, conforme a seguinte expressão:

$$M_{AQS} = 40 \cdot n \cdot f_{eh} \quad (67)$$

### 3.7. Energia Proveniente de Fontes de Energia Renováveis

A metodologia a usar na quantificação e contabilização da energia proveniente de fontes de energia renováveis encontra-se definida no Despacho n.º 15792-H/2013 e refere-se aos seguintes tipos de sistemas:

- Sistemas solares térmicos;
- Sistemas solares fotovoltaicos;
- Sistemas eólicos;
- Biomassa;
- Geotermia;
- Mini-hídrica;

- Aerotérmica e geotérmica (bombas de calor);

A energia renovável padrão é a referente aos coletores solares, no entanto podem ser considerados outros sistemas em alternativa, desde que assegurem, numa base anual, a obtenção de energia equivalente ao sistema solar térmico.

De acordo com o Despacho n.º 15793-H/2013, alterado pelo Despacho n.º 3156/2016, a energia produzida pelo sistema solar térmico deve ser determinada com recurso ao programa SCE.ER da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), ou outra ferramenta que utilize metodologia de cálculo equivalente que permita, quando aplicável, quantificar essa energia para diversos usos, devidamente validada por entidade competente designada para o efeito pelo ministério responsável pela área da energia.

### 3.8. Energia Elétrica Necessária ao Funcionamento dos Ventiladores

Nos casos em que se verifica a existência de sistemas mecânicos de ventilação com funcionamento contínuo, existe a necessidade de se contabilizar a energia elétrica de funcionamento dos ventiladores,  $W_{vm}$ , definida pela seguinte expressão:

$$W_{vm} = \frac{V_f}{3600} \cdot \frac{\Delta P}{\eta_{tot}} \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (68)$$

Sendo que, por defeito, o número de horas de funcionamento,  $H_f$ , é de 8760 e no caso de não se conhecer os valores da diferença de pressão total do ventilador,  $\Delta P$ , e do rendimento total de funcionamento do ventilador,  $\eta_{tot}$ , pode ser utilizada a seguinte expressão:

$$W_{vm} = 0,3 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (69)$$

Para o caso dos ventiladores híbrido de baixa pressão (inferior a 20 Pa) a expressão adota a seguinte forma:

$$W_{vm} = 0,03 \cdot V_f \cdot \frac{H_f}{1000} \quad [\text{kWh/ano}] \quad (70)$$

Caso o ventilador seja comum a várias frações autónomas ou edifícios, a energia total deve ser dividida entre cada uma das frações de forma proporcional aos caudais de ar normais,  $V_f$ , correspondentes a cada fração.

Caso não exista qualquer tipo de ventilação mecânica, então  $W_{vm}$  é igual a 0 (zero).



### 3.9. Necessidades de Energia Primária

Para os efeitos do Despacho n.º 15793-I/2013, as necessidades nominais de energia primária,  $N_{tc}$ , de um edifício são contabilizadas conforme a seguinte expressão:

$$\begin{aligned}
 N_{tc} = & \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} \\
 & + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a/A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} \\
 & - \sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p}
 \end{aligned}
 \quad [\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})]
 \quad (71)$$

Ou seja, as,  $N_{tc}$ , resultam do somatório das necessidades nominais específicas de energia primária relacionadas com os  $n$  usos (aquecimento,  $N_{ic}$ , arrefecimento,  $N_{vc}$ , produção de AQS,  $Q_a/A_p$ , e a ventilação mecânica,  $\frac{W_{vm}}{A_p}$ ), deduzidas de eventuais contribuições de energia renovável,  $\frac{E_{ren,p}}{A_p}$ .

O valor de  $\delta$  pode admitir os seguintes valores, consoante as seguintes condições:

$$\text{Se } \eta > \eta_{ref}, \text{ então } \delta = 0 \quad (72)$$

$$\text{Se } \eta \leq \eta_{ref}, \text{ então } \delta = 1 \quad (73)$$

Importa salientar que para a contabilização deste parâmetro, entre outros requisitos especificados no presente Despacho, o somatório das parcelas das necessidades de energia útil para cada um dos diferentes usos tem de ser igual a 1, bem como o somatório da energia produzida a partir de fontes de energia renováveis destinada a suprir diferentes usos, deverá ser menor ou igual à energia consumida para esse tipo de uso.

Os fatores de conversão entre energia final e energia primária,  $F_{pu}$ , estão definidos no Despacho n.º 15793-J/2013 e são os seguintes:

- Para eletricidade:  $F_{pu} = 2,5 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$
- Para combustíveis fósseis, líquidos e gasosos não renováveis:  $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$
- Para energia térmica, renovável:  $F_{pu} = 1 \text{ kWh}_{EP}/\text{kWh}$

No caso específico em que os sistemas não estejam especificados em projeto, importa salientar que devem ser consideradas as soluções aplicáveis e indicadas na Tabela 49, como expresso na Portaria n.º 349-B/2013, para os diferentes tipos de sistemas. Outra das regras que se revela importante salientar é, também, o facto da inexistência de especificação de isolamento aplicado na tubagem de distribuição de AQS que assegure uma resistência térmica de, pelo menos  $0,25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ , a eficiência do sistema deve ser multiplicada por 0,9.

**Tabela 49 - Soluções de referência de sistemas a considerar na determinação do  $N_t$ , (Portaria 349-B/2013, alterada pela Portaria 379-A/2015)**

Tipo de sistema	Soluções de referência
Sistemas para aquecimento ambiente	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela 24 a caldeiras, no caso de edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível.</li> <li>O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela 18, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado.</li> <li>Um valor de eficiência igual a 1, no caso de edifício prever ou dispor de “outros sistemas” com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).</li> <li>Nas situações em que se preveja ou disponha de um sistema solar térmico, considerar que as necessidades de energia afetas a esse sistema são supridas pelo equipamento de apoio do mesmo ou, na ausência deste último, por um “sistema por defeito”.</li> </ul>
Sistemas para arrefecimento ambiente	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>O valor de eficiência da(s) correspondente(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela 18, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) de ar condicionado.</li> <li>Um sistema de ar condicionado do tipo <i>split</i> ou <i>multisplit</i>, com permuta ar-ar e com um valor de eficiência igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe aplicável indicada na Tabela 18 e no caso de “outros sistemas” que não se enquadrem na situação anterior, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito).</li> </ul>
Preparação de AQS	<p>Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>O valor de eficiência da(s) unidade(s) de produção como igual ao limite inferior, logo menos eficiente, da classe indicada na Tabela 24, referente a caldeiras, no caso de o edifício prever ou dispor de sistema(s) que recorram a equipamentos de queima de combustível, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projetos ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso.</li> <li>Um valor de coeficiente de desempenho (COP) igual a 2,8, no caso de o edifício prever ou dispor de sistemas de produção térmica por bomba(s) de calor.</li> <li>Um valor de eficiência igual a 0,95, no caso de o edifício prever ou dispor de outros sistemas com recurso a eletricidade, bem como nas situações em que os sistemas não se encontrem especificados em projeto ou instalados (sistemas por defeito) e o edifício não disponha de rede de abastecimento de combustível gasoso.</li> <li>Nas situações em que se preveja ou disponha de um sistema solar térmico, considerar que as necessidades de energia afetas a esse sistema são supridas pelo equipamento de apoio do mesmo ou, na ausência deste último, por um “sistema por defeito”.</li> <li>Existência de isolamento aplicado na tubagem de distribuição de AQS.</li> </ul>

O valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária,  $N_t$ , corresponde ao valor das necessidades analisadas anteriormente, com exceção da ventilação e das energias renováveis, pois admite-se a inexistência de consumos de energia associados à ventilação mecânica e de sistemas de aproveitamento de energias renováveis. Considera-se de igual modo os valores e condições de referência expressos na Tabela 49, admitindo a seguinte expressão:

$$N_t = \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} \quad [\text{kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})]$$

$$+ \sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a/A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \cdot F_{pu,j} + \quad (74)$$

### 3.10. Verificações Regulamentares e Classe Energética

De acordo com o Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH), em nenhum caso, as necessidades de energia existentes no edifício podem exceder as necessidades de energia máximas admissíveis, conforme apresentado nas seguintes expressões:

$$N_{ic} \leq N_i \quad (75)$$

$$N_{vc} \leq N_v \quad (76)$$

$$N_{tc} \leq N_t \quad (77)$$

De acordo com o Despacho n.º 15793-J/2013, a classe energética de um edifício é determinada através do rácio de classe energética:

$$R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t} \quad (78)$$

A escala de classificação energética dos edifícios é composta por 8 classes e a cada uma das classes corresponde um intervalo de valores de  $R_{Nt}$ , conforme a seguinte tabela:

**Tabela 50 - Classes energéticas por intervalos de valor de  $R_{Nt}$ , (Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013)**

Classe Energética	Valor de $R_{Nt}$
A +	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,0$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

De acordo com este método, os edifícios de habitação novos só poderão apresentar a classe energética B-, B, A e A+.



## 4. Caso de Estudo

Com vista à aplicação da metodologia anteriormente apresentada e posteriormente efetuar um estudo comparativo das diferentes soluções construtivas, efetuaram-se os procedimentos necessários para obter a classe de desempenho energético de uma habitação nova, que a seguir se apresenta com mais detalhe.

### 4.1. Descrição do Edifício

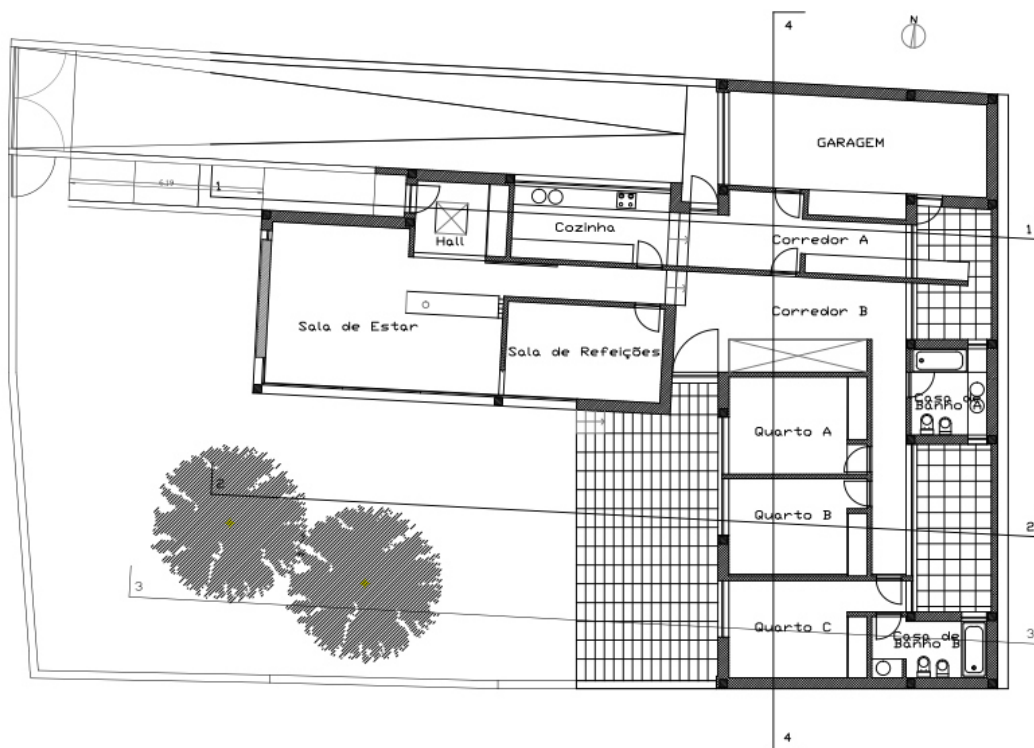
O caso em estudo refere-se a um edifício de habitação unifamiliar com tipologia T3 constituído apenas pelo piso térreo, localizado na periferia da zona urbana de Vila Nova de Gaia, na Avenida Egas Moniz.

A habitação possui a fachada principal orientada a Poente, a fachada posterior orientada a Nascente, a fachada lateral esquerda orientada a Norte e a fachada lateral direita orientada a Sul, sem obstáculos significantes que provoquem sombreamentos.

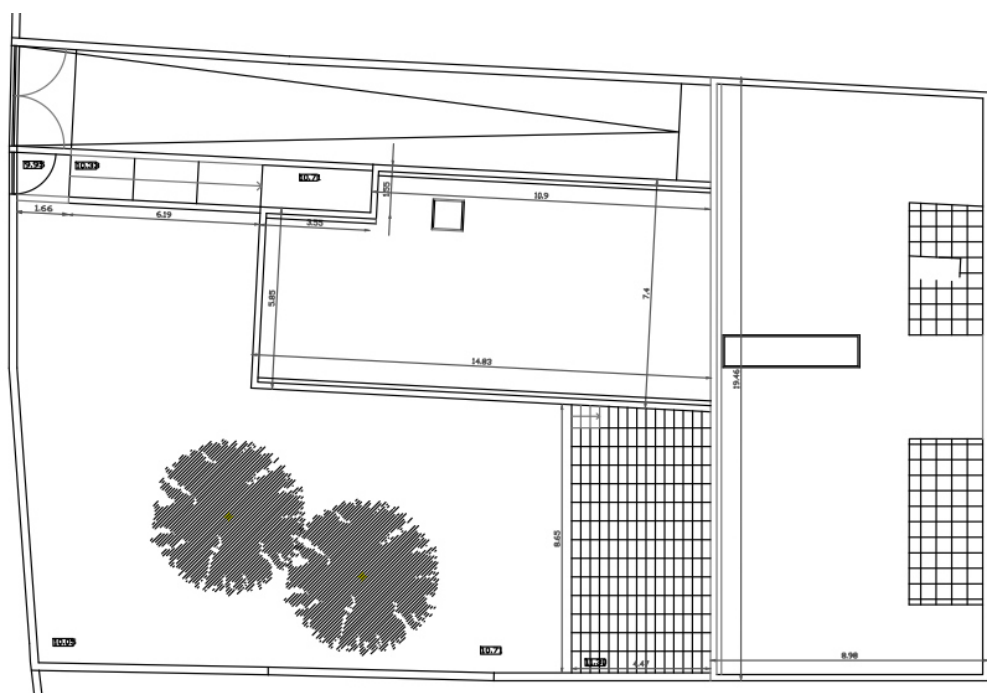
Os compartimentos estão divididos em duas salas (sala de estar e sala de refeições), três quartos, duas casas de banho e uma cozinha.

Em relação aos espaços não úteis, verifica-se a existência de uma garagem e de um vazio sanitário.

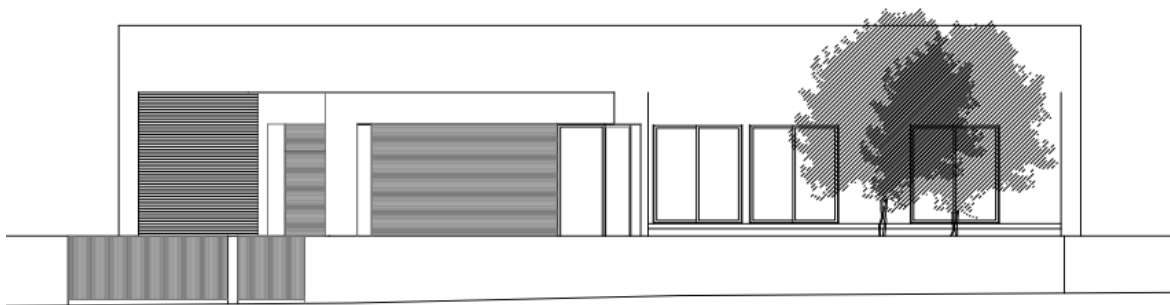
As plantas do R/C, da cobertura e do alçado principal, podem ser observadas nas figuras seguintes:



**Figura 7 – Planta do R/C**



**Figura 8 - Planta da Cobertura**



**Figura 9 - Alçado principal**

## **4.2. Zonamento Climático**

O edifício localiza-se em Vila Nova de Gaia, logo NUTS III: Grande Porto.

Altitude do local é de 10 metros, logo  $z = 10$  m.

### **4.2.1. Estação de aquecimento**

Os parâmetros com relevância, a considerar na estação de aquecimento são:

- **GD** – Número de graus-dias, na base de 18 °C, correspondente à estação de aquecimento:

$$GD = GD_{REF} + a(z - z_{REF}) \quad [^{\circ}\text{C.dia}]$$

$$GD = 1250 + 1,6(10 - 94) = 1116 \text{ } ^{\circ}\text{C.dia}$$

- **M** – Duração da estação de Aquecimento:

$$M = M_{REF} + a(z - z_{REF}) \quad [\text{meses}]$$

$$M = 6,2 + 0,002(10 - 94) = 6 \text{ meses}$$

- **G<sub>Sul</sub>** – Energia solar média durante a estação, recebida numa superfície vertical orientada a Sul:

$$G_{Sul} = 130 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$$



Como:

$$GD = 1116 \text{ }^{\circ}\text{C.dia} \leq 1300 \text{ }^{\circ}\text{C.dia}$$

Então, a Zona Climática para a estação de aquecimento é I1.

#### 4.2.2. Estação de arrefecimento

Os parâmetros climáticos essenciais para a caracterizar a estação de arrefecimento são os que a seguir se apresentam:

- $L_v$  – Duração da estação = 4 meses = 2928 horas;
- $\theta_{ext,v}$  – Temperatura exterior média:

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,vREF} + a(z - z_{REF}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\theta_{ext,v} = 20,9 \pm 0(10 - 94) = 20,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- $I_{sol}$  – Energia solar acumulada durante a estação, recebida na horizontal (inclinação  $0^{\circ}$ ) e em superfícies verticais (inclinação  $90^{\circ}$ ) para os quatro pontos cardeais e os quatro colaterais:
  - $I_{solHOR}$  – 800 kWh/m<sup>2</sup>
  - $I_{solN}$  – 220 kWh/m<sup>2</sup>
  - $I_{solE}$  – 490 kWh/m<sup>2</sup>
  - $I_{solS}$  – 425 kWh/m<sup>2</sup>
  - $I_{solW}$  – 490 kWh/m<sup>2</sup>

Como:

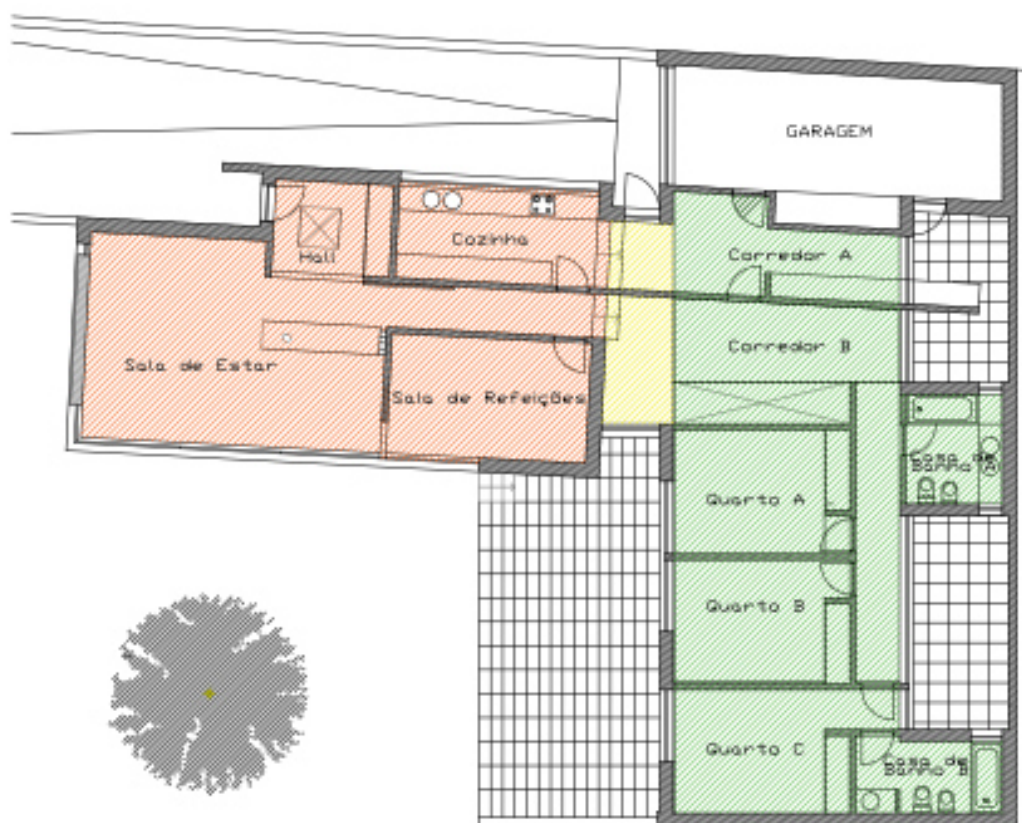
$$\theta_{ext,v} = 20,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$20 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq 20,9 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Então, a Zona Climática para a estação de arrefecimento é V2.

### 4.3. Áreas e Dimensões

Devido à existência de diferentes pés direitos em vários compartimentos da habitação, optou-se por dividi-la em 3 zonas distintas, de acordo com a figura seguinte:



**Figura 10 - Áreas do pavimento distribuídas por pé direito**

Desta forma, o pé direito médio da habitação pode ser calculado, de acordo com o seguinte:

- Área do Pavimento Interior:
  - Total = 184,27 m<sup>2</sup>;
  - Zona Vermelha = 79,5 m<sup>2</sup>
  - Zona Amarela = 8,47 m<sup>2</sup>
  - Zona Verde = 96,3 m<sup>2</sup>

- Pé Direito (Pd):
  - Zona Vermelha = 2,74 m
  - Zona Amarela = 2,20 m
  - Zona Verde = 2,60 m

$$Pd = \frac{A_A \cdot Pd_A + A_B \cdot Pd_B + A_C \cdot Pd_C}{A_T}$$

$$Pd = \frac{79,5 \times 2,74 + 8,47 \times 2,20 + 96,3 \times 2,60}{184,27} = 2,64 \text{ m}$$

- Área da Garagem: 27,22 m<sup>2</sup>
- Área de Envidraçados (Env):
  - $Env_N = 5,5 + 2 \times 1,11 = 7,72 \text{ m}^2$
  - $Env_W = 0,68 + 2,1 + 3 \times 3,45 = 13,13 \text{ m}^2$
  - $Env_S = 25 + 0,69 = 25,69 \text{ m}^2$
  - $Env_E = 3 \times 3,5 + 1,8 = 12,3 \text{ m}^2$
- Área das Portas (Prt) da envolvente exterior:
  - $Prt_N = 1,8 \text{ m}^2$
  - $Prt_W = 2 \text{ m}^2$
  - $Prt_S = 3 \text{ m}^2$
  - $Prt_E = 0 \text{ m}^2$
- Área de Paredes Exteriores (PrdE)
  - $PrdE_N = 2,74 \times (4,4 + 2,95 + 5) + 4,37 + 2,6 \times (2,42 + 2,57) - 7,72 - 0,34 - 2,13 - 1,8 = 39,19 \text{ m}^2$

- $PrdE_W = 2,74 \times (5,15 + 1,55) + 2,6 \times (0,82 + 3 \times 3,1) - 13,13 - 1,71 - 1,19 - 2 = 26,64 \text{ m}^2$
- $PrdE_S = 2,74 \times 12,65 + 2,2 \times 1,8 + 2,6 \times (4,4 + 0,99 + 2,57 + 2,42) - 25,69 - 0,65 - 2,21 - 3 = 34,06 \text{ m}^2$
- $PrdE_E = 2,74 \times (0,6 + 1) + 2,6 \times (1,7 + 2,12 + 2,75 + 4,5 + 1 + 0,15 + 1,8) - 12,3 = 28,54 \text{ m}^2$
- Área de Portas Interiores em contacto com ENU (PrtI)
  - $PrtI = 1,8 \text{ m}^2$
- Área de Paredes Interiores em contacto com ENU (PrdI)
  - $PrdI = 2,6 \times (2,4 + 0,8 + 3,15) - 1,8 = 14,71 \text{ m}^2$

#### 4.4. Envolvente da Fração

Para a correta definição da envolvente existe a necessidade de caraterizar os espaços não úteis quanto ao seu coeficiente de redução de temperatura ( $b_{tr}$ ):

- Garagem:
  - $Ai = 2,6 \times (2,55 + 0,8 + 3,15) = 16,9 \text{ m}^2$
  - $Au = 2,6 \times (3 + 8,24 + 2,98 + 2,58 + 0,83) + 27,22 = 73,06 \text{ m}^2$
  - $\frac{Ai}{Au} = \frac{16,9}{73,08} = 0,23$
  - $V_{enu} = 27,22 \times 2,6 = 70,77 \text{ m}^3$
  - $F - \text{Espaço não útil permeável ao ar}$

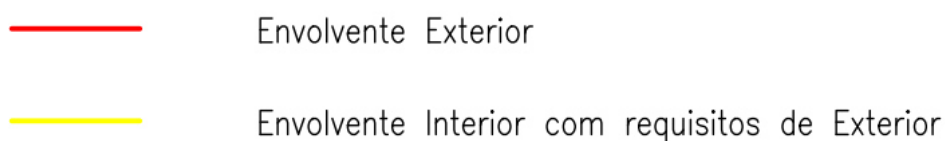
Então,  $b_{tr} = 1$ .

- Vazio sanitário: uma vez que se trata de um espaço fortemente ventilado, o valor de  $b_{tr}$  é igual a 1.

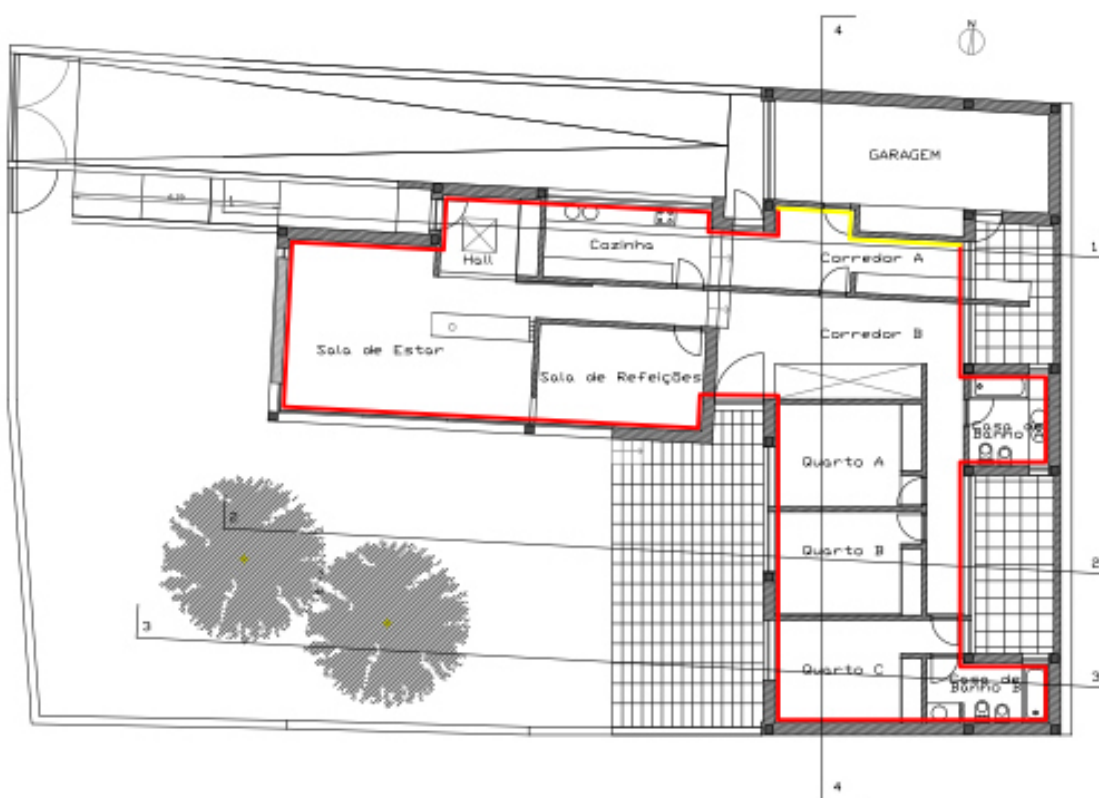
Como se pode constatar a envolvente interior adjacente aos espaços não úteis será classificada com envolvente interior com requisitos de exterior, ou seja,  $b_{tr}$  superior a 0,7.

Os restantes elementos de separação de espaços onde ocorre transferência de calor, constituirão a envolvente exterior.

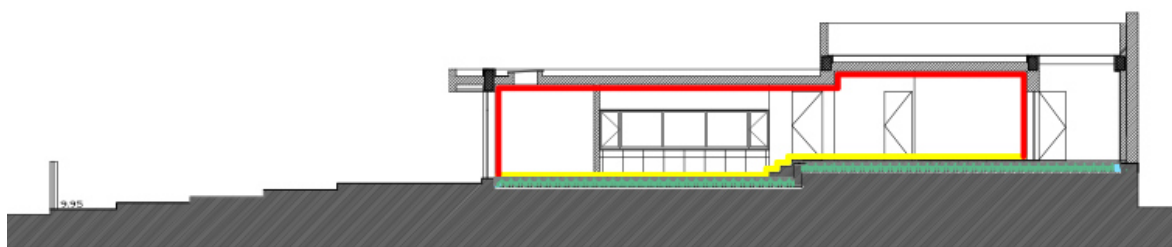
A delimitação da envolvente encontra-se representada na Figura 12, Figura 13, Figura 14, Figura 15 e Figura 16, recorrendo-se ao seguinte esquema de cores:



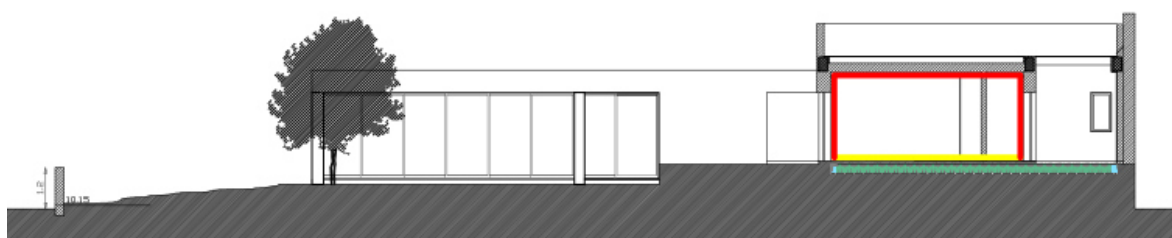
**Figura 11 - Esquema de cores para definição da envolvente**



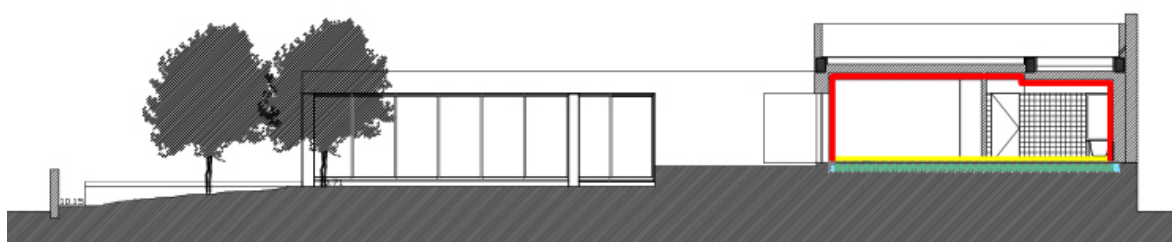
**Figura 12 - Delimitação da envolvente na planta do R/C**



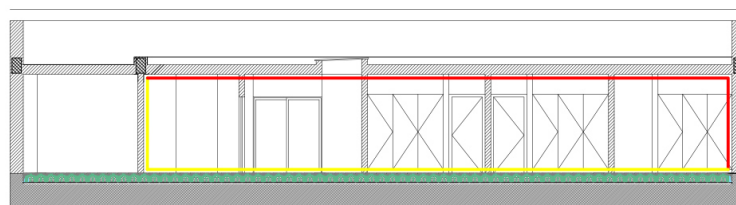
**Figura 13 - Delimitação da envolvente no perfil 1**



**Figura 14 - Delimitação da envolvente no perfil 2**



**Figura 15 - Delimitação da envolvente no perfil 3**



**Figura 16 - Delimitação da envolvente no perfil 4**

## 4.5. Caraterização das Soluções Construtivas

As soluções construtivas a aplicar neste projeto serão definidas de acordo com a sua constituição, e o seu coeficiente de transmissão térmica, U, foi calculado com recurso aos valores do ITE50.

### 4.5.1. Paredes exteriores

As paredes exteriores constituem um elemento construtivo onde podem existir diferentes zonas de transmissão de energia térmica, pelo que, no presente caso de estudo, definiram-se três zonas distintas.

As paredes exteriores, presentes em zonas correntes da envolvente, são constituídas por reboco interior com 2 cm, alvenaria de tijolo vazado com 11 cm, poliestireno extrudido com 5 cm, tijolo vazado com 15 cm e acabamento exterior em reboco com 2 cm. O pormenor desta solução construtiva está representado na seguinte imagem.

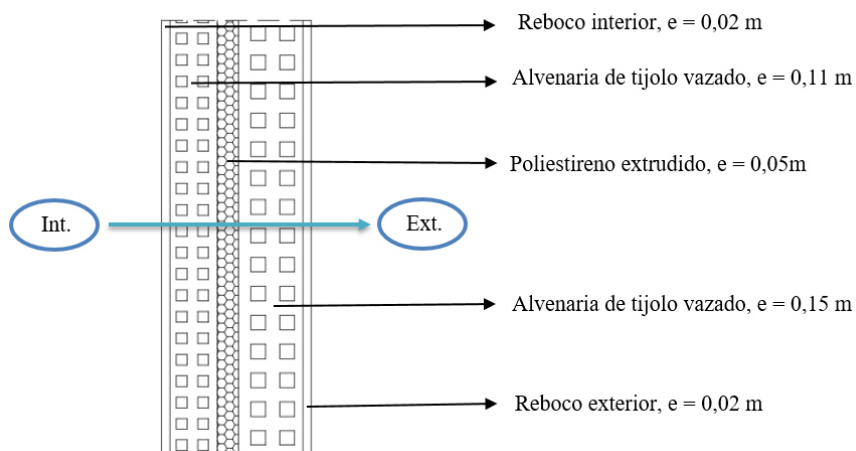
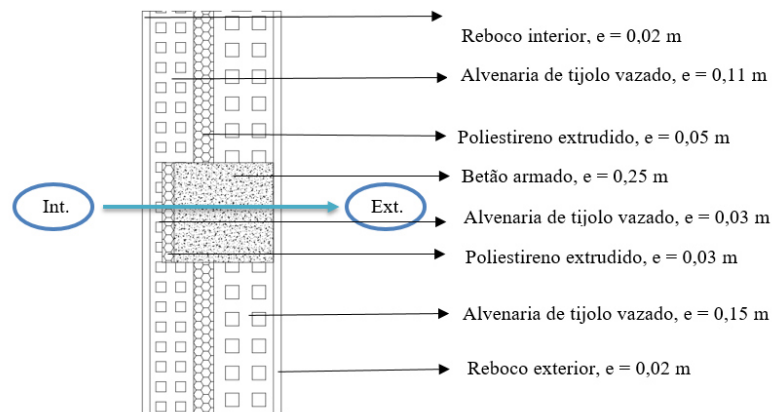


Figura 17 - Pormenor construtivo das paredes exteriores na zona corrente

$$\bullet \quad U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{1,3} + 0,27 + \frac{0,05}{0,037} + 0,39 + \frac{0,02}{1,3} + 0,04} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Nas zonas de Ponte Térmica Plana, no caso concreto da existência de pilares, as paredes exteriores são constituídas por reboco interior com 2 cm, alvenaria de tijolo vazado com 3

cm, poliestireno extrudido com 3 cm, betão armado com 15 cm e acabamento exterior em reboco com 2 cm, conforme a Figura 18.



**Figura 18 - Pormenor construtivo das paredes exteriores na zona de PTP (Pilares)**

- $$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{1,3} + 0,07 + \frac{0,03}{0,037} + \frac{0,25}{2,0} + \frac{0,02}{1,3} + 0,04} = 0,83 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

No caso da ponte térmica plana provocada pela existência de vigas, as paredes admitem a mesma constituição que os pilares, como apresentado na Figura 19.



**Figura 19 - Pormenor construtivo das paredes exteriores na zona de PTP (Vigas)**

- $$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{1,3} + 0,07 + \frac{0,03}{0,037} + \frac{0,25}{2,0} + \frac{0,02}{1,3} + 0,04} = 0,83 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



#### 4.5.2. Paredes interiores para a garagem

As paredes interiores que fazem fronteira com a garagem são constituídas por reboco interior com 2 cm, alvenaria de tijolo vazado com 7 cm, poliestireno extrudido com 6 cm e acabamento em reboco com 2 cm. O pormenor desta solução construtiva está representado na Figura 20.

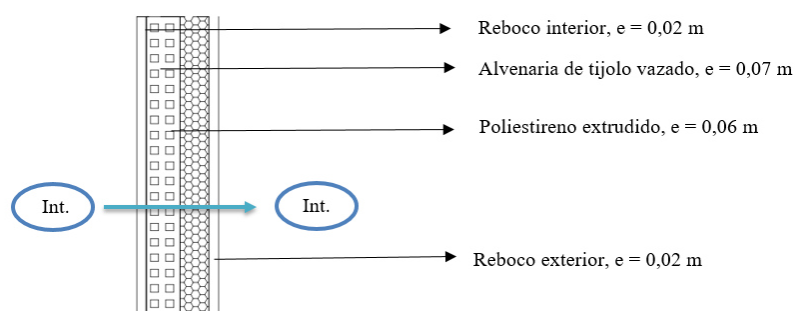


Figura 20 - Pormenor construtivo das paredes interiores na zona de ENU

$$U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{1,3} + 0,19 + \frac{0,06}{0,037} + \frac{0,02}{1,3} + 0,13} = 0,48 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

#### 4.5.3. Pavimento

Com vista ao cumprimento com o disposto no número 3 e no número 4 do ponto 11.1 do Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013 e uma vez que o edifício se localiza no distrito do Porto, é necessário que exista uma medida preventiva de redução dos níveis de concentração de Radão, nesse sentido, adotou-se uma tecnologia que permite a ventilação e ao mesmo tempo a redução dos níveis de concentração de Radão, denominada de CUPOLEX (Anexo A). O pormenor construtivo do pavimento encontra-se na figura seguinte.

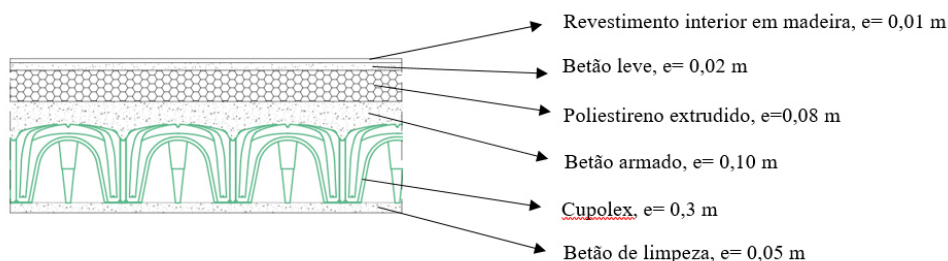
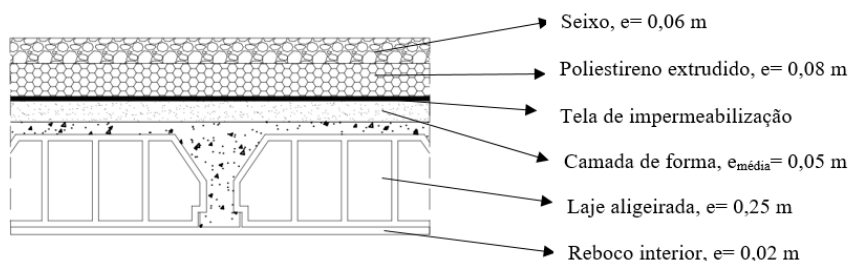


Figura 21 - Pormenor construtivo do pavimento

- $$U = \frac{1}{0,17 + \frac{0,01}{0,23} + \frac{0,02}{0,33} + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,1}{2,0} + 0,04} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

#### 4.5.4. Cobertura

A cobertura da habitação é horizontal, invertida, ou seja, com o isolante térmico colocado pelo exterior e sobre a tela de impermeabilização. Possui uma proteção exterior de seixo com 6 cm, poliestireno extrudido com 8 cm, tela de impermeabilização, camada de forma com espessura média de 5 cm, laje aligeirada de 25 cm e reboco interior de 2 cm. De seguida apresenta-se o pormenor construtivo da cobertura.



**Figura 22 - Pormenor construtivo da cobertura**

- $$U_{ascendente} = \frac{1}{0,10 + \frac{0,02}{1,3} + 0,23 + \frac{0,05}{0,33} + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,06}{2,0} + 0,04} = 0,37 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

- $$U_{descendente} = \frac{1}{0,17 + \frac{0,02}{1,3} + 0,23 + \frac{0,05}{0,33} + \frac{0,08}{0,037} + \frac{0,06}{2,0} + 0,04} = 0,36 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

#### 4.5.5. Portas

Para a caracterização das portas de acesso ao exterior admitiu-se a utilização da solução THERMOPLUS da marca HORMANN, modelo 015, cor clara, conforme Anexo B.

- $$U = 0,87 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Para as portas que permitem a comunicação entre a garagem e a cozinha, admitiu-se a utilização da porta corta-fogo e de segurança WAT da marca HORMANN, conforme Anexo B.

- $$U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

#### 4.5.6. Envidraçados

No presente caso de estudo, os vão envidraçados estão dispostos em diferentes orientações (Norte, Sul, Oeste e Este) e podem ser diferenciados consoante a sua disposição, vertical e horizontal.

Uma tabela resumo com a dimensão e orientação dos vãos envidraçados, é apresentada na Tabela 51

**Tabela 51 - Caraterização dos vãos envidraçados**

<b>Compartimento</b>	<b>Área de Envidraçados (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área Total Envidraçados (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Orientação</b>
EnvSE1 - Sala de Estar	0,68	20,78	W
EnvSE2 - Sala de Estar	2,10		W
EnvSE3 - Sala de Estar	18,00		S
EnvSR1 - Sala de Refeições	7,00	7,00	S
EnvH1 - Hall (Clarabóia)	1,00	1,00	H
EnvC1 - Cozinha	5,50	5,50	N
EnvCB1 - Corredor B	3,50	3,50	E
EnvCB2 - Corredor B	3,50	11,63	E
EnvCB3 - Corredor B	3,50		E
EnvCB4 - Corredor B (Clarabóia)	4,63		H
EnvQA1 - Quarto A	3,45	3,45	W
EnvQB1 - Quarto B	3,45	3,45	W
EnvQC1 - Quarto C	3,45	5,25	W
EnvQC2 - Quarto C	1,80		E
EnvWCA1 - Casa de Banho A	1,11	1,80	N
EnvWCA2 - Casa de Banho A	0,69		S
EnvWCB1 - Casa de Banho B	1,11	1,11	N
	64,47	64,47	

Para a caraterização dos parâmetros relativos aos vãos envidraçados observaram-se as condições que a seguir se descrevem.

#### 4.5.6.1. Vãos envidraçados verticais

Os vãos envidraçados verticais são constituídos por vidro duplo super isolante (6+10+6), caixilharia metálica com corte térmico (classe de permeabilidade 4) com cortinas interiores opacas de cor clara.

Dado que se trata de um vidro especial, apenas se consegue saber o fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro, conforme a informação que consta no Anexo C, fornecida pelo fabricante, pelo que deverá efetuar-se a seguinte formulação para determinar o fator solar global dos vãos envidraçados,  $g_T$ :

$$g_T = g_{\perp,vi} \cdot \frac{g_{Tvc}}{0,75} = 0,38 \times \frac{0,37}{0,75} = 0,19$$

Para a determinação do coeficiente  $U_{wdn}$  de um vão envidraçado pertencente a uma fração nova recorre-se à metodologia constante na EN 10077-1, que consiste essencialmente no cálculo da soma dos coeficientes de transmissão térmica do vão sem dispositivos de proteção solar ou oclusão noturna ( $U_{wd}$ ) e do vão com dispositivos de proteção solar ou oclusão noturna ativados ( $U_{wn}$ ), a dividir por dois, conforme a seguinte expressão:

$$U_{wdn} = \frac{U_{wn} + U_{wd}}{2} \quad (79)$$

Em que  $U_{wn}$  é determinado tendo em consideração a resistência térmica adicional desse dispositivo.

Uma vez que os valores do coeficiente de transmissão térmica dos vidros escolhidos, apresentados no Anexo C, e dos caixilhos, apresentados no Anexo D são conhecidos, pode determinar-se estas variáveis da seguinte forma:

$$\bullet \quad U_{wd} = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \psi_g}{A_f + A_g} \quad [\text{W/m}^2\text{°C}] \quad (80)$$

Onde:

$U_{wd}$  – Coeficiente de transmissão térmica da janela, em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$A_f$  – Área do caixilho, em  $m^2$ ;

$U_f$  – Coeficiente de transmissão térmica do caixilho, em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$A_g$  – Área do vidro, em  $m^2$ ;

$U_g$  – Coeficiente de transmissão térmica do vidro, em  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;

$l_g$  – Perímetro de ligação entre o caixilho e o vidro, em m;

$\psi_g$  – Coeficiente de transmissão térmica linear relativo à ligação entre o caixilho e o vidro, em  $W/(m \cdot ^\circ C)$ .

O valor do coeficiente de transmissão térmica linear relativo à ligação entre o caixilho e o vidro pode ser obtido através da consulta da EN 10077-1, conforme apresentado na Tabela 52.

**Tabela 52 - Valor de  $\psi$  para diferentes tipos de caixilharia e de vidros, (EN 10077-1)**

Tipo de Caixilharia	Valor do coeficiente de transmissão térmica linear para diferentes tipos de vidro, $\psi_g [W/(m \cdot ^\circ C)]$		
	Vidros duplos ou triplos não revestidos (lâmina de ar ou gás)	Vidros duplos ou triplos de baixa emissividade (lâmina de ar ou gás)	Vidro Simples
Madeira ou PVC	0,06	0,08	0
Metálica com corte térmico	0,08	0,11	
Metálica sem corte térmico	0,02	0,05	

$$\bullet \quad U_{wn} = \frac{1}{\frac{1}{U_{wd}} + \Delta R} \quad [W/m^2 \cdot ^\circ C] \quad (81)$$

Também o valor da resistência térmica adicional,  $\Delta R$ , pode ser obtido através da consulta da mesma Norma Europeia, conforme os exemplos expressos na Tabela 53.

**Tabela 53 – Valores de  $\Delta R$  para os diferentes tipos de dispositivos de proteção solar, (EN 10077-1)**

Tipo de proteção solar/ oclusão noturna	$\Delta R [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$
Persiana de réguas metálicas	0,09
Persiana de réguas em madeira ou plástico sem enchimento de espuma	0,12
Persiana de réguas de plástico preenchida com espuma	0,13
Portadas de madeira opacas	0,14

Caso a solução adotada não se encontre representada na tabela anterior deve recorrer-se ao quadro disponibilizado no Proc.º 088/11/14842 do relatório 41/2002-NCCp disponibilizado pelo LNEC, conforme a tabela seguinte:

**Tabela 54 - Valores de  $\Delta R$  para os diferentes níveis de permeabilidade do dispositivo de oclusão, (Pinto, 2002)**

Classe	Permeabilidade ao ar do dispositivo de oclusão	$\Delta R [(m^2 \cdot ^\circ C)/W]$
1	Muito elevada	0,08
2	Elevada	$0,25R_{sh} + 0,09$
3	Média	$0,55R_{sh} + 0,11$
4	Baixa	$0,80R_{sh} + 0,14$
5	Muito baixa	$0,95R_{sh} + 0,17$

-  $R_{sh}$  é a resistência térmica do dispositivo de oclusão expressa em  $m^2 \cdot K/W$ , que pode ser determinada experimentalmente ou por cálculo;

- As fórmulas para calcular a resistência térmica adicional promovida pelo dispositivo de oclusão são válidas para valores de  $R_{sh} \leq 0,3 m^2 \cdot K/W$ .

- A classe de permeabilidade ao ar dos dispositivos pode ser obtida com base nas folgas do dispositivo ou de um ensaio de permeabilidade.

Uma vez que na norma referida anteriormente não é dado, como exemplo, o valor de  $\Delta R$  para a solução de dispositivos de oclusão solar escolhida, optou-se por considerar o valor para alta permeabilidade, ou seja,  $\Delta R=0,08 \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C)/W}$ .

Então, o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado,  $U_{wdn}$ , é determinado de acordo com as seguintes equações, para as diferentes tipologias de vãos envidraçados:

- Vão envidraçado com sistema de batente (Pro 50 – Anexo D), admitindo como exemplo de cálculo o envidraçado da Casa de Banho A, orientado a Norte – “EnvWCA1”, temos:

$$U_{wd} = \frac{0,28 \times 2,9 + 0,83 \times 1,7 + 3,82 \times 0,08}{1,11} = 2,28 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U_{wn} = \frac{1}{\frac{1}{2,28} + 0,08} = 1,96 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U_{wdn} = \frac{2,28 + 1,96}{2} = 2,12 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

- Vão envidraçado com sistema de correr (Softslide Solução 60 - Anexo D)  
(Exemplo o envidraçado da Quarto A, orientado a Poente – “EnvQA1”)

$$U_{wd} = \frac{0,45 \times 4,6 + 3 \times 1,7 + 10,64 \times 0,08}{3,45} = 2,32 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U_{wn} = \frac{1}{\frac{1}{2,32} + 0,08} = 1,96 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U_{wdn} = \frac{2,32 + 1,96}{2} = 2,14 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Para a contabilização do parâmetro do coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados existentes, nas folhas de cálculo, considerou-se o valor arredondado de  $U_{wdn} = 2,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$

#### 4.5.6.2. Vãos envidraçados horizontais (Claraboias)

Os vãos envidraçados horizontais são constituídos por vidro duplo super isolante (6+10+6), caixilharia metálica com corte térmico (classe de permeabilidade 4) com estores de lâminas delgadas de cor clara.

O valor do fator solar global dos vãos envidraçados horizontais é:

$$g_T = g_{\perp,vi} \cdot \frac{g_{Tvc}}{0,75} = 0,38 \times \frac{0,28}{0,75} = 0,14$$

O coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado,  $U_{wdn}$ , é determinado de acordo com as seguintes equações, para as diferentes tipologias de vãos envidraçados:

- Vão envidraçado fixo (Pro 50 – Anexo D), admitindo como exemplo de cálculo o envidraçado horizontal do Corredor B (Claraboia) – “EnvCB3”, temos:

$$U_{wd} = \frac{0,63 \times 2,9 + 4 \times 1,7 + 10,8 \times 0,08}{4,63} = 2,05 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U_{wn} = \frac{1}{\frac{1}{2,05} + 0,12} = 1,65 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

$$U_{wdn} = \frac{2,05 + 1,65}{2} = 1,85 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Uma vez que se trata de um vão envidraçado horizontal, com dispositivo de oclusão noturna, existe a necessidade de corrigir os valores do coeficiente de transmissão térmica de acordo com a metodologia expressa no ITE 50, conforme as seguintes expressões:

- Estação de Aquecimento (Fluxo Ascendente)

$$R_t = \frac{1}{U_{wdn}} - 0,13 + 0,10 = \frac{1}{1,85} - 0,13 + 0,10 = 0,51 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

Logo,

$$U_{wh} = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{0,51} = 1,96 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

- Estação de Arrefecimento (Fluxo Descendente)

$$R_t = \frac{1}{U_{wdn}} - 0,13 + 0,17 = \frac{1}{1,85} - 0,13 + 0,17 = 0,58 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

Logo,

$$U_{wh} = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{0,58} = 1,72 \text{ W/m}^2\text{°C}$$



#### 4.5.7. Pontes térmicas

As zonas de pontes térmicas representam zonas de descontinuidade da envolvente opaca, onde o fluxo de calor é realizado de forma diferentes. Podem ser definidas como pontes térmicas planas, nos casos em que existe pilares, vigas ou caixas de estores, ou pontes térmicas lineares, caracterizadas pelas ligações existentes com os diferentes elementos construtivos.

Para a contabilização das pontes térmicas planas, no caso em estudo, consideraram-se os seguintes aspetos:

- Caixa de Estores: Não existe nesta moradia caixa de estores, uma vez que os dispositivos de proteção solar são interiores e, neste caso concreto, não necessitam de caixa.
- Área de Pilares (P). Para atribuição dos seguintes valores verificou-se a necessidade de se dimensionar a solução estrutural (Figura 23), pelo que se optou pela aplicação de pilares com  $0,0625 \text{ m}^2$  ( $0,25 \times 0,25$ ) dispostos ao longo dos vãos conforme a Figura 23.

- $P_N = 2,74 \times (0,125) = 0,34 \text{ m}^2$

- $P_W = 2,60 \times (0,156 + 0,25 + 0,25) = 1,71 \text{ m}^2$

- $P_S = 2,60 \times (0,25) = 0,65 \text{ m}^2$

- $P_E = 0 \text{ m}^2$

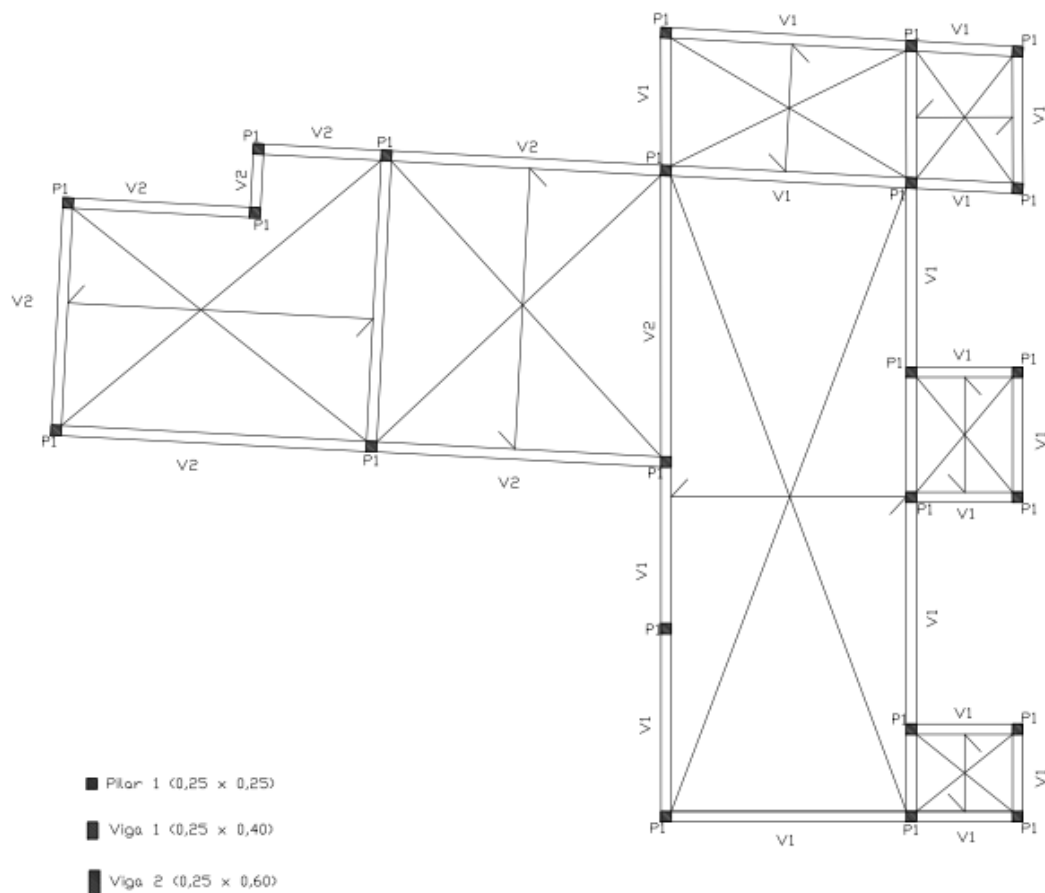
- Área de Vigas (V). Na solução estrutural adotada existem duas tipologias de Vigas (V1 e V2). As vigas V1 têm  $0,1 \text{ m}^2$  ( $0,25 \times 0,4$ ) e as Vigas V2 tem  $0,15 \text{ m}^2$  ( $0,25 \times 0,6$ ), de acordo com a Figura 23. Importa referir que apenas a viga V2 tem influência como Ponte Térmica Plana (PTP), uma vez que apenas esta influencia no coeficiente de transmissão térmica da parede.

- $V_N = 0,175 \times (4,2 + 2,95 + 5) = 2,13 \text{ m}^2$

- $V_W = 0,175 \times (5,15 + 0,665 + 1) = 1,19 \text{ m}^2$

- $V_S = 0,175 \times (12,65) = 2,21 \text{ m}^2$

▪  $V_E = 0 \text{ m}^2$



**Figura 23 - Solução estrutural adotada**

A caracterização dos elementos que originam as zonas de pontes térmicas planas, conforme apresentado anteriormente, encontram-se resumidas na Tabela 55.

**Tabela 55 – Caracterização dos elementos que originam pontes térmicas planas**

Elemento Construtivo	Coeficiente de transmissão térmica
Pilares	$U = 0,83 \text{ W/m}^2\text{°C}$
Vigas	$U = 0,83 \text{ W/m}^2\text{°C}$
Caixas de Estores	Não existe

A definição das pontes térmicas lineares é realizada através do tipo de ligação existente, bem como a posição que o isolamento adota.

No caso em estudo verifica-se a existência das seguintes pontes térmicas lineares:

- Ligação da Fachada com ENU (vazio sanitário):

- $B = 74,79 \text{ m}$

- $\psi = 0,35 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}$

- Ligação da Fachada com cobertura:

- $B = 74,79 \text{ m}$

- $\psi = 1,00 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}$

- Ligação de duas paredes verticais:

- $B = 26,70 \text{ m}$

- $\psi = 0,50 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}$

- Ligação da Fachada com caixilharia:

- $B = 110,34 \text{ m}$

- $\psi = 0,10 \text{ W/m.}^{\circ}\text{C}$

#### 4.5.8. Inércia térmica

A classe de inércia térmica correspondente a este edifício é calculada de acordo com os valores apresentados na Tabela 56.

**Tabela 56 - Classe de inércia térmica**

	$M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Revestimento	r	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$I_t$ (kg/m <sup>2</sup> )
Paredes Exteriores	146	128,43	0,015	Reboco	1,0	184,27	101,75
Pilares	66	2,70	0,015	Reboco	1,0	184,27	0,97
Vigas	66	5,53	0,015	Reboco	1,0	184,27	1,98
Cobertura	150	184,27	0,015	Reboco	1,0	184,27	150,00
Pavimento com ENU	47,50	184,27	0,043	Madeira	1,0	184,27	47,50

	$M_{si}$ (kg/m <sup>2</sup> )	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	R (m <sup>2</sup> .°C/W)	Revestimento	r	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$I_t$ (kg/m <sup>2</sup> )
Paredes Interiores	182	136,62	0,015	Reboco	1,0	184,27	134,94
Paredes Interiores - ENU	106	14,71	0,015	Reboco	1,0	184,27	8,46
						Total	445,60

Como se pode constatar,

$$I_t = 445,6 \text{ kg/m}^2 > 400 \text{ kg/m}^2$$

Logo a classe de inércia térmica do edifício em estudo é Forte.

#### 4.6. Requisitos Mínimos de Qualidade Térmica

De acordo com as exigências regulamentares enunciadas anteriormente, bem como as características dos diferentes elementos da envolvente, é possível construir uma tabela para cada um dos tipos de envolvente.

##### 4.6.1. Envolvente opaca

**Tabela 57 – Verificação dos requisitos mínimos de qualidade da envolvente opaca**

Elemento da envolvente	U [W/m <sup>2</sup> .°C]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> .°C]	Verificação	Observações
Parede Exterior	0,45	0,50	$U_{\text{envolvente}} \leq U_{\text{max}}$	Verifica ✓
Parede Exterior – Zona de PTP - Pilar	0,83	----	$U_{\text{PTP}} \leq 0,9$	Verifica ✓
Parede Exterior – Zona de PTP - Viga	0,83	----	$U_{\text{PTP}} \leq 0,9$	Verifica ✓
Parede Interior – Contacto com ENU	0,48	0,50	$U_{\text{envolvente}} \leq U_{\text{max}}$	Verifica ✓
Pavimento	0,40	0,40	$U_{\text{envolvente}} \leq U_{\text{max}}$	Verifica ✓
Cobertura	0,37	0,40	$U_{\text{envolvente}} \leq U_{\text{max}}$	Verifica ✓

#### 4.6.2. Envolvente envidraçada

No caso da verificação dos requisitos mínimos de qualidade térmica para os vãos envidraçados, são necessárias duas verificações:

- O coeficiente de transmissão térmica máximo admissível encontra-se expressa na Tabela 58.

**Tabela 58 – Primeira verificação regulamentar dos vãos envidraçados**

Elemento da envolvente	$U_{\text{wdn}}$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	$U_{\text{wmax}}$ [W/m <sup>2</sup> .°C]	Verificação	Observações
Vãos envidraçados Verticais	2,10	2,80	$U_{\text{wdn}} \leq U_{\text{wmax}}$	Verifica ✓
Vãos envidraçados Horizontais	1,96	2,80	$U_{\text{wdn}} \leq U_{\text{wmax}}$	Verifica ✓

- Para a segunda verificação regulamentar, representada na Tabela 59, existe a necessidade de caracterizar os sombreamentos provocados pelos elementos horizontais sobrejacente e verticais adjacentes ao envidraçado. No caso dos elementos horizontais, não se verifica qualquer obstrução, pelo que o valor de  $F_0$  é igual a 1. Já no caso dos elementos verticais que provocam obstrução solar, são considerados de acordo com os ângulos apresentados na planta da Figura 24.

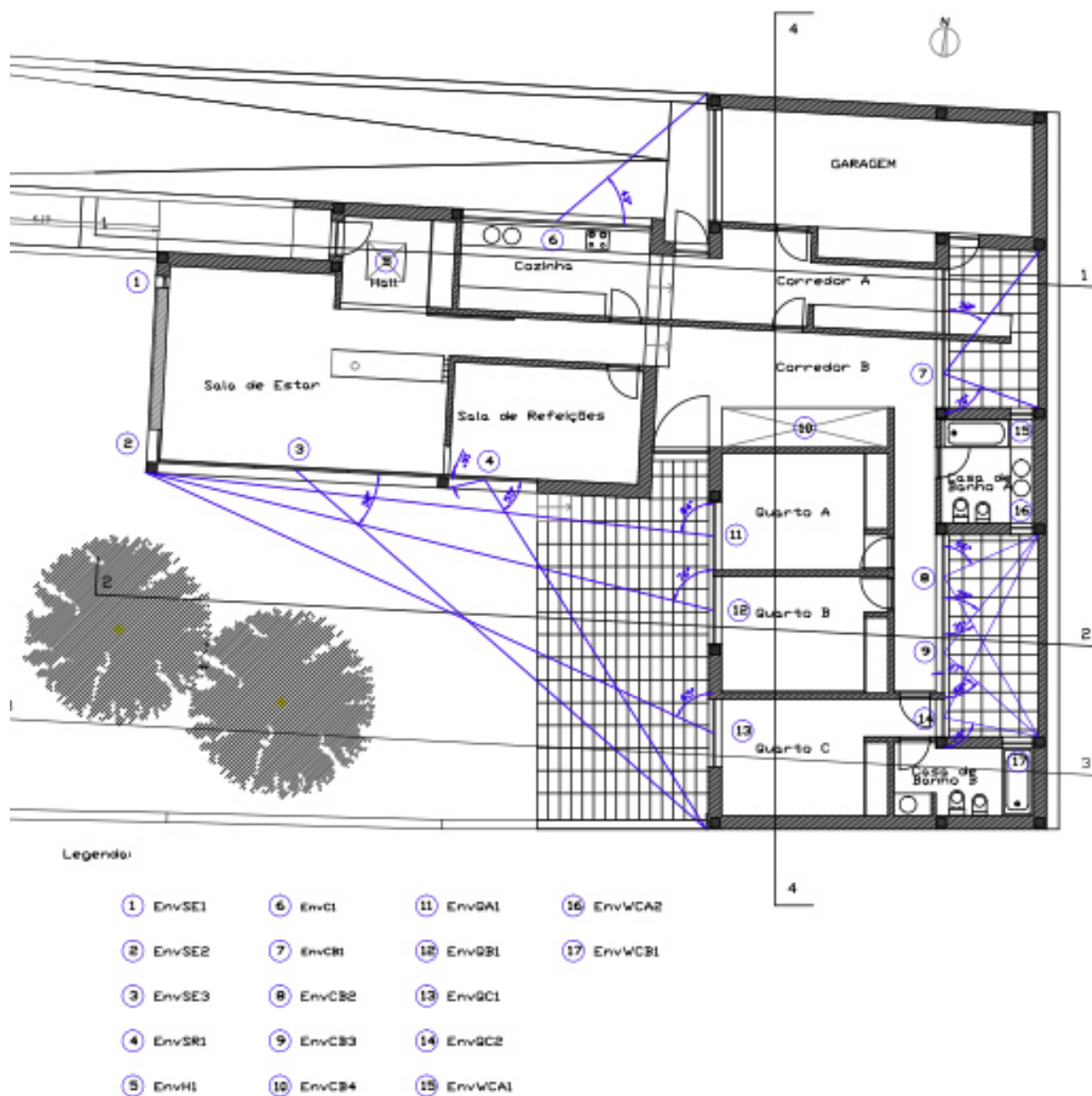


Figura 24 - Sombreamentos por elementos verticais

**Tabela 59 - Segunda verificação regulamentar dos vãos envidraçados**

							Sombreamento por elementos Horizontais		Sombreamento por elementos Verticais								
Compartimento	Aenv (m²)	Aenv Total (m²)	Orientação	Apav (m²)	15% Apav (m²)	OBS	Alfa α (°)	Fo	Beta β (°)	Páa	Ff	gT	gTmax	Verificação			
EnvSE1 - Sala de Estar	0,68	20,78	W	41,86	6,28	>	0,00	1,00	0,00	-----	1,00	0,19	0,56	0,17	OK		
EnvSE2 - Sala de Estar	2,10		W				0,00	1,00	0,00	-----	1,00	0,19	0,56	0,17	OK		
EnvSE3 - Sala de Estar	18,00		S				0,00	1,00	38,00	Esq	0,90	0,19	0,56	0,17	OK		
EnvSR1 - Sala de Refeições	7,00	7,00	S	15,00	2,25	>	0,00	1,00	55,00	Esq	0,85	0,19	0,56	0,18	OK		
EnvH1 - Hall (Clarabóia)	1,00	1,00	H	6,79	1,02	<=	0,00	1,00	16,00	Dir	0,96						
EnvC1 - Cozinha	5,50	5,50	N	11,50	-----	isento									isento		
EnvCB1 - Corredor B	3,50	3,50	E	14,21	2,13	>	0,00	1,00	38,00	Esq	1,00	0,19	0,56	0,34	OK		
EnvCB2 - Corredor B	3,50	11,63	E	29,58	4,44	>	0,00	1,00	70,00	Dir	0,72						
									66,00	Esq	1,00	0,19	0,56	0,21	OK		
			31,00						Dir	0,87							
EnvCB3 - Corredor B	3,50		E						39,00	Esq	1,00	0,19	0,56	0,21	OK		
EnvCB4 - Corredor B (Clarabóia)	4,63						H	48,00	Dir	0,78							
EnvQA1 - Quarto A	3,45	3,45	W	13,57	2,04	>	0,00	1,00	0,00	1,00	84,00	Dir	1,00	0,19	0,56	0,33	OK
EnvQB1 - Quarto B	3,45	3,45	W	13,57	2,04	>	0,00	1,00	76,00	Dir	1,00	0,19	0,56	0,33	OK		
EnvQC1 - Quarto C	3,45	5,25	W	14,80	2,22	>	0,00	1,00	65,00	Dir	1,00	0,19	0,56	0,24	OK		
EnvQC2 - Quarto C	1,80		E				27,00	Esq	1,00	0,19	0,56	0,24	OK				
							79,00	Dir	0,72								
EnvWCA1 - Casa de Banho A	1,11	1,80	N	-----	-----	isento									isento		
EnvWCA2 -Casa de Banho A	0,69		S	6,66	1,00	>	0,00	1,00	0,00	-----	1,00	0,19	0,56	0,33	OK		
EnvWCB1 -Casa de Banho B	1,11		1,11	N	6,77	-----	isento									isento	
	64,47	64,47															

Da análise dos valores apresentados nesta tabela, conclui-se que todos os envidraçados estão regulamentares.

#### 4.6.3. Requisitos mínimos da taxa de renovação de ar

O valor da taxa de renovação de ar foi calculado através da folha de cálculo disponibilizada pelo LNEC e encontra-se no Anexo E. Para a utilização deste software foram considerados os seguintes parâmetros:

- Região: B;
- Rugosidade: II;
- Considerou-se apenas a ventilação natural com aberturas de admissão de ar através das três janelas existentes nas casas de banho.

Conforme constatado no anexo referido anteriormente, a taxa de renovação de ar é igual a  $0,50 \text{ h}^{-1}$  o que cumpre com imposição regulamentar mínima de  $0,40 \text{ h}^{-1}$ .

## 4.7. Estação de aquecimento

Os valores das perdas por transmissão dos vários elementos da envolvente exterior encontram-se na Tabela 60, Tabela 61, Tabela 62 e Tabela 63.

**Tabela 60 – Perdas de calor por transmissão nas paredes exteriores**

<b>Paredes Exteriores</b>	Area (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
PAREDES EXTERIORES	128,43	0,45	57,79
PILARES	2,70	0,83	2,24
VIGAS	5,53	0,83	4,59
PORTAS EXTERIORES	6,80	0,87	5,92
			0,00
			0,00
			0,00
	<b>143,458</b>	<b>TOTAL</b>	<b>70,54</b>

**Tabela 61 - Perdas de calor por transmissão na cobertura**

<b>Coberturas Exteriores</b>	Area (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
COBERTURA EM TERRAÇO	184,27	0,37	68,18
			0,00
			0,00
	<b>184,27</b>	<b>TOTAL</b>	<b>68,18</b>

**Tabela 62 - Perdas de calor por transmissão nos vãos envidraçados**

<b>Vãos envidraçados exteriores</b>	Area (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
<b>Verticais:</b>			
EnvSE1 - Sala de Estar	0,68	2,10	1,43
EnvSE2 - Sala de Estar	2,10	2,10	4,41
EnvSE3 - Sala de Estar	18,00	2,10	37,80
EnvSR1 - Sala de Refeições	7,00	2,10	14,70
EnvC1 - Cozinha	5,50	2,10	11,55
EnvCB1 - Corredor B	3,50	2,10	7,35
EnvCB2 - Corredor B	3,50	2,10	7,35
EnvCB3 - Corredor B	3,50	2,10	7,35
EnvQA1 - Quarto A	3,45	2,10	7,25
EnvQB1 - Quarto B	3,45	2,10	7,25
EnvQC1 - Quarto C	3,45	2,10	7,25
EnvQC2 - Quarto C	1,80	2,10	3,78
EnvWCA1 - Casa de Banho A	1,11	2,10	2,33
EnvWCA2 - Casa de Banho A	0,69	2,10	1,45
EnvWCB1 - Casa de Banho B	1,11	2,10	2,33
<b>Horizontais:</b>			
EnvH1 - Hall (Clarabóia)	1,00	1,96	1,96
EnvCB4 - Corredor B (Clarabóia)	4,63	1,96	9,07
	<b>64,47</b>	<b>TOTAL</b>	<b>134,60</b>



**Tabela 63 - Perdas de calor por transmissão nas PTL**

<b>Pontes térmicas lineares</b> <b>Ligações entre:</b>	Comp. B (m)	$\psi$ (W/m.°C)	$\psi.B$ (W/°C)
Fachada com os pavimentos térreos			0,00
Fachada com os pavimentos ext ou sobre ENU	74,79	0,35	26,18
Fachada com pavimentos intermédios			0,00
Fachada com cobertura	74,79	1,00	74,79
Fachada com varanda			0,00
Duas paredes verticais	26,70	0,50	13,35
Fachada com caixa de estore			0,00
Fachada com caixilharia	110,34	0,10	11,03
Outras			0,00
	<b>286,62</b>	<b>TOTAL</b>	<b>125,35</b>

Logo,

$$H_{ext} = 70,54 + 68,18 + 134,60 + 125,35 = 398,67 \text{ W/°C}$$

Os valores das perdas por transmissão dos vários elementos da envolvente interior em contacto com espaços não úteis encontram-se na Tabela 64, Tabela 65 e Tabela 66.

**Tabela 64 - Perdas de calor por transmissão nas paredes em contacto com ENU**

<b>Paredes em contacto com espaços</b> <b>não-úteis ou edifícios adjacentes</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
PAREDE GARAGEM	14,71	0,48	1,00	7,06
PORTA INTERIOR GARAGEM	1,80	1,80	1,00	3,24
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
	<b>16,51</b>		<b>TOTAL</b>	<b>10,30</b>

**Tabela 65 - Perdas de calor por transmissão no pavimento em contacto com ENU**

<b>Pavimentos sobre espaços não-úteis</b>	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	btr (-)	btr.U.A (W/°C)
PAVIMENTO SOBRE VAZIO SANITÁRIO	184,27	0,4	1	73,71
				0,00
				0,00
	<b>184,27</b>		<b>TOTAL</b>	<b>73,71</b>

**Tabela 66 - Perdas de calor por transmissão nas PTL associadas aos ENU**

<b>Pontes térmicas</b> <b>(apenas para paredes de separação para</b> <b>espaços não-úteis com btr&gt;0,7)</b>	Comp. B (m)	$\psi$ (W/m.°C)	btr (-)	btr.ψ.B (W/°C)
PAREDE GAR / PAV	6,50	0,50	1,00	3,25
PAREDE GAR / COB	6,50	0,80	1,00	5,20
DUAS PAREDES VERTICIAS	2,60	0,40	1,00	1,04
	15,6		TOTAL	9,49

Logo,

$$H_{enu} = 10,30 + 73,71 + 9,49 = 93,50 \text{ W/°C}$$

Devido à inexistência de elementos em contacto com o solo, assim como elementos em contacto com edifícios adjacentes,

$$H_{adj} = 0 \text{ W/°C}$$

$$H_{ecs} = 0 \text{ W/°C}$$

Desta forma, o coeficiente global de transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento,  $H_{tr,i}$ , é igual a:

$$H_{tr,i} = 398,67 + 93,50 = 492,17 \text{ W/°C}$$

Então, o valor da transferência de calor por transmissão global,  $Q_{tr,i}$ , é igual a:

$$Q_{tr,i} = 0,024 \times 1116 \times 492,17 = 13182,25 \text{ kWh}$$

O coeficiente de transferência de calor por ventilação é determinado de acordo com a Tabela 67.

**Tabela 67 - Perdas de calor por renovação de ar (Aquecimento)**

Área Útil de Pavimento	184,27	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio	2,64	(m)
	=	
Volume interior (V)	486,47	(m <sup>3</sup> )

Volume	486,47	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	0,50	
	x	
Recuperador de calor? Sim - bve= 0	1,00	(1-bve)
	x	
	0,34	
	=	
Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação da Fracção Autónoma	82,70	(W/°C)
TOTAL		

Assim, o valor da transferência de calor por ventilação determina-se da seguinte forma:

$$Q_{ve,i} = 0,024 \times 1116 \times 82,70 = 2215,05 \text{ kWh}$$

Em relação aos ganhos úteis, estes são contabilizados considerando um fator de utilização dos ganhos térmicos brutos, internos e solares.

No caso dos ganhos internos o valor é aferido de acordo com a Tabela 68.

**Tabela 68 - Ganhos de calor internos (Aquecimento)**

Ganhos internos médios (Quadro IV.3)	4	(W/m <sup>2</sup> )
	x	
Duração da Estação de Aquecimento M	6,0	(meses)
	x	
Área Útil de pavimento	184,27	(m <sup>2</sup> )
	x	
	0,72	
	=	
Gint - Ganhos Internos Brutos	3184,19	(kWh/ano)

No caso dos ganhos solares, existem diversos fatores que influenciam a sua contabilização, como apresentado na Tabela 69.

**Tabela 69 - Ganhos solares brutos (Aquecimento)**

**Ganhos Solares:**

Compartimento	Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
EnvSE1 - Sala de Estar	W	D	0,68	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,07
EnvSE2 - Sala de Estar	W	D	2,10	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,21
EnvSE3 - Sala de Estar	S	D	18,00	1,00	0,38	0,81	0,70	0,90	3,49
EnvSR1 - Sala de Refeições	S	D	7,00	1,00	0,38	0,73	0,70	0,90	1,22
EnvH1 - Hall (Clarabóia)	H	D	1,00	0,89	0,38	0,90	0,70	0,90	0,19
EnvC1 - Cozinha	N	D	5,50	0,27	0,38	1,00	0,70	0,90	0,36
EnvCB1 - Corredor B	E	D	3,50	0,56	0,38	0,42	0,70	0,90	0,20
EnvCB2 - Corredor B	E	D	3,50	0,56	0,38	0,50	0,70	0,90	0,23
EnvCB3 - Corredor B	E	D	3,50	0,56	0,38	0,45	0,70	0,90	0,21
EnvCB4 - Corredor B (Clarabóia)	H	D	4,63	0,89	0,38	0,90	0,70	0,90	0,89
EnvQA1 - Quarto A	W	D	3,45	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,35
EnvQB1 - Quarto B	W	D	3,45	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,35
EnvQC1 - Quarto C	W	D	3,45	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,35
EnvQC2 - Quarto C	E	D	1,80	0,56	0,38	0,42	0,70	0,90	0,10
EnvWCA1 - Casa de Banho A	N	D	1,11	0,27	0,38	1,00	0,70	0,90	0,07
EnvWCA2 - Casa de Banho A	S	D	0,69	1,00	0,38	0,85	0,70	0,90	0,14
EnvWCB1 - Casa de Banho B	N	D	1,11	0,27	0,38	1,00	0,70	0,90	0,07
			<b>64,47</b>						

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

**8,51**

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (Gsul)

na zona **I1** do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

**130**

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1 (meses)

**6,0**

=

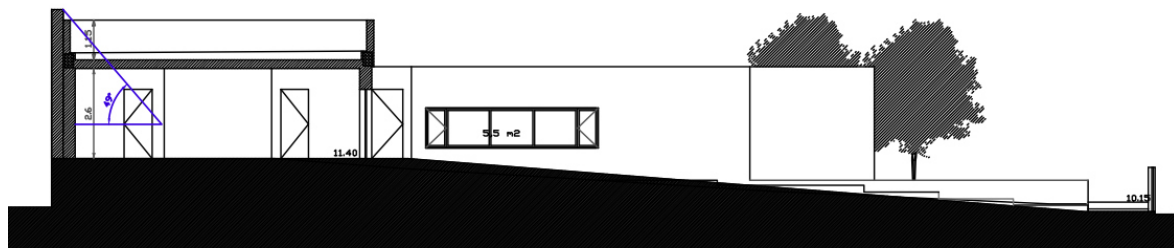
Gsol -Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

**6641,54**

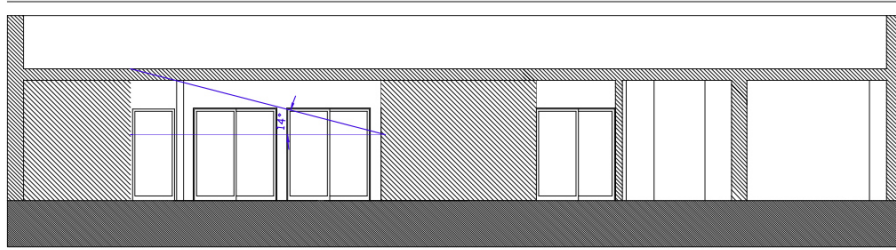
Dada a importância e complexidade da definição do fator de obstrução, na Tabela 70 encontram-se os valores considerados para as diversas obstruções que provocam sombreamento, sendo que para o caso de das obstruções verticais e horizontais já foram definidas anteriormente e no caso do sombreamento do horizonte, encontra-se definido, para os vãos envidraçados orientados a Este (EnvCB1, EnvCB2, EnvCB3 e EnvCB4) na Figura 25 e para os vãos orientados a Sul, existente na Casa de Banho A (EnvWCA2) na Figura 26. Para os restantes envidraçados não se sabe se existem elementos que provoquem sombreamento no horizonte, pelo que se estima o valor do ângulo de 20°, ou seja para a periferia da zona urbana.

**Tabela 70 - Sombreamentos na estação de aquecimento**

Compartimento	Sombreamento do Horizonte		Sombreamento por elementos Horizontais		Sombreamento por elementos Verticais			Fo*Ff	Fs	X	X.Fs
	Alfa $\alpha$ (°)	Fh	Alfa $\alpha$ (°)	Fo	Beta $\beta$ (°)	Pála	Ff				
EnvSE1 - Sala de Estar	20,00	0,84	0,00	1,00	0,00	-----	1,00	0,90	0,76	0,56	0,42
EnvSE2 - Sala de Estar	20,00	0,84	0,00	1,00	0,00	-----	1,00	0,90	0,76	0,56	0,42
EnvSE3 - Sala de Estar	20,00	0,90	0,00	1,00	38,00	Esq	0,90	0,90	0,81	1	0,81
EnvSR1 - Sala de Refeições	20,00	0,90	0,00	1,00	55,00	Esq	0,85	0,82	0,73	1	0,73
					16,00	Dir	0,96				
EnvH1 - Hall (Clarabóia)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	-----	1,00	0,90	0,90	0,89	0,80
EnvC1 - Cozinha									1,00	0,27	0,27
EnvCB1 - Corredor B	49,00	0,58	0,00	1,00	38,00	Esq	1,00	0,72	0,42	0,56	0,27
					70,00	Dir	0,72				
EnvCB2 - Corredor B	49,00	0,58	0,00	1,00	66,00	Esq	1,00	0,87	0,50	0,56	0,28
					31,00	Dir	0,87				
EnvCB3 - Corredor B	49,00	0,58	0,00	1,00	39,00	Esq	1,00	0,78	0,45	0,56	0,27
					48,00	Dir	0,78				
EnvCB4 - Corredor B (Clarabóia)	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	-----	1,00	0,90	0,90	0,89	0,80
EnvQA1 - Quarto A	20,00	0,84	0,00	1,00	84,00	Dir	1,00	0,90	0,76	0,56	0,42
EnvQB1 - Quarto B	20,00	0,84	0,00	1,00	76,00	Dir	1,00	0,90	0,76	0,56	0,42
EnvQC1 - Quarto C	20,00	0,84	0,00	1,00	65,00	Dir	1,00	0,90	0,76	0,56	0,42
EnvQC2 - Quarto C	49,00	0,58	0,00	1,00	27,00	Esq	1,00	0,72	0,42	0,56	0,27
					79,00	Dir	0,72				
EnvWCA1 - Casa de Banho A									1,00	0,27	0,27
EnvWCA2 - Casa de Banho A	14,00	0,94	0,00	1,00	0,00	-----	1,00	0,90	0,85	1	0,85
EnvWCB1 - Casa de Banho B									1,00	0,27	0,27



**Figura 25 - Sombreamento no horizonte dos vãos envidraçados orientados a Este**



**Figura 26 - Sombreamento no horizonte do envidraçado EnvWCA2**

Assim, os ganhos brutos são:

$$Q_{g,i} = 3184,19 + 6641,54 = 9825,72 \text{ kWh}$$

O fator de utilização é contabilizado da seguinte forma:

$$\gamma = \frac{9825,72}{(2215,05 + 13182,25)} = 0,64$$

Como se trata de um edifício com inércia forte, então  $a = 4,20$

Logo,

$$\eta_i = \frac{1 - 0,64^{4,20}}{1 - 0,64^{4,20+1}} = 0,939$$

Então, os ganhos úteis totais são:

$$Q_{gu,i} = 0,939 \times 9825,72 = 9229,04 \text{ kWh}$$

Nesta fase, as necessidades nominais de energia útil para aquecimento do edifício,  $N_{ic}$ , já podem ser contabilizadas da seguinte forma:

$$N_{ic} = \frac{(13182,25 + 2215,05 - 9229,04)}{184,27} = 33,47 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$$

Quanto ao valor máximo das necessidades nominais de energia útil,  $N_i$ , será considerada a mesma abordagem, mas com valores de referência.

O coeficiente de transmissão térmica pela envolvente exterior, de referência, encontra-se apresentado na Tabela 71 e pela envolvente interior na Tabela 72.

**Tabela 71 – Perdas por transmissão pela envolvente exterior, de referência**

Perdas por transmissão pela envolvente exterior e ECS				
		Uref (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área m <sup>2</sup>	Uref.A (W/°C)
Paredes exteriores		0,50	171,07	85,54
Coberturas exteriores		0,40	184,27	73,71
Envidraçados exteriores Aenv	>	0,2*Ap	36,85	103,19
	64,47	36,85		
		2,80		
			<b>TOTAL</b>	<b>262,44</b>
<b>Pontes térmicas lineares</b>				
		Yref (W/m.°C)	B (m)	Yref.B (W/°C)
Fachada /pav.térreo + pav sobre ext ou ENU + cob + pav int + varanda		0,50	149,58	74,79
Duas Paredes Verticais		0,40	26,70	10,68
Fachada com caixilharia e caixa de estore		0,20	110,34	22,07
			<b>TOTAL</b>	<b>107,54</b>
<b>(Hext+Hecs)ref- Coeficiente de transferência de calor para EXT e ECS da Fracção Autónoma</b>				
		(W/°C)	<b>TOTAL</b>	<b>369,97</b>

**Tabela 72 - Perdas por transmissão pela envolvente interior, de referência**

Perdas por transmissão pela envolvente interior				
		Uref (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área m <sup>2</sup>	Uref.A (W/°C)
Paredes Garagem		0,50	14,71	7,36
Porta Interior Garagem		0,50	1,80	0,90
Pavimento sobre vazio sanitário		0,40	184,27	73,71
			<b>TOTAL</b>	<b>81,96</b>
<b>Pontes térmicas lineares</b>				
(paredes para ENU com btr>0,7)		Yref (W/m.°C)	B (m)	Yref.B (W/°C)
Parede Garagem / Pavimento		0,50	6,50	3,25
Parede Garagem / Cobertura		0,50	6,50	3,25
Duas Paredes Verticais		0,40	2,60	1,04
			<b>TOTAL</b>	<b>7,54</b>
<b>(Henu+Hadj )ref- Coeficiente de transferência de calor para ENU e edifícios adjacentes da Fracção Autónoma</b>				
		(W/°C)	<b>TOTAL</b>	<b>89,50</b>

Quanto às perdas térmicas originadas pela renovação de ar, deve ser considerado o mesmo valor, uma vez que  $0,5 \text{ h}^{-1}$  é inferior ao máximo de  $0,6 \text{ h}^{-1}$ . Ou seja, deve ser calculado como apresentado anteriormente na Tabela 67.

Em suma, os ganhos e perdas, de referencia, para a estação de aquecimento são contabilizados da seguinte forma:

$$Q_{tr,iref} = 0,024 \times 1116 \times 369,97 = 12306,64 \text{ kWh}$$

$$Q_{ve,iref} = 0,024 \times 1116 \times 82,70 = 2215,05 \text{ kWh}$$

$$Q_{int,iref} = 0,72 \times 4 \times 6 \times 184,27 = 3184,19 \text{ kWh}$$

$$Q_{sol,iref} = 130 \times 0,182 \times 0,20 \times 184,27 \times 6 = 5231,79 \text{ kWh}$$

$$Q_{gu,iref} = 0,6 \times (3184,19 + 5231,79) = 5049,59 \text{ kWh}$$

Logo,

$$N_i = \frac{(12306,64 + 2215,05 - 5049,59)}{184,27} = 51,40 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$$

Assim, a verificação regulamentar dá-se, conforme a Tabela 73.

**Tabela 73 - Verificação regulamentar das necessidades nominais de energia útil para aquecimento**

Necessidades Energéticas [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Necessidades Energéticas Máxima [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Verificação	Observações
$N_{ic} = 33,47$	$N_i = 51,4$	$N_{ic} \leq N_i$	Verifica ✓

#### 4.8. Estação de arrefecimento

Na estação de arrefecimento, as perdas específicas totais são obtidas pela contabilização do coeficiente de perdas por transmissão na estação de arrefecimento, que toma o valor igual ao da estação de aquecimento, ou seja:

$$H_{tr,v} = 398,67 + 93,50 = 492,17 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Também o coeficiente de perdas por ventilação tem influência nas perdas específicas totais, que em comparação com a estação de aquecimento difere apenas no valor da taxa de renovação de ar por hora que admite o valor mínimo de 0,6 h<sup>-1</sup>, conforme apresentado na Tabela 74.



**Tabela 74 - Perdas de calor por renovação de ar (Arrefecimento)**

Área Útil de Pavimento	184,27	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio	2,64	(m)
	=	
Volume interior (V)	486,47	(m <sup>3</sup> )

Volume	486,47	
	x	
Taxa de Renovação Nominal	0,60	
	x	
Recuperador de calor? Sim - bve= 0	1,00	(1-bve)
	x	
	0,34	
Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação da Fracção Autónoma	=	
TOTAL	99,24	(W/°C)

Assim, as perdas térmicas totais são contabilizadas e definidas por:

$$Q_{tr,v} = 492,17 \times (25 - 20,90) \times 2,928 = 5908,40 \text{ kWh}$$

$$Q_{ve,v} = 99,24 \times (25 - 20,90) \times 2,928 = 1191,36 \text{ kWh}$$

Logo, as perdas térmicas totais correspondem ao valor de 7601,13 kWh.

De acordo com a metodologia utilizada, no cálculo dos ganhos térmicos úteis para a estação de arrefecimento, devem ser considerados os ganhos internos e solares.

Em relação aos ganhos internos, estes são determinados conforme apresentado na seguinte tabela:

**Tabela 75 - Ganhos de calor internos (Arrefecimento)**

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4
	x
Área Útil de Pavimento (m2)	184,27
	x
	2,928
	=
<b>Ganhos internos Totais</b>	<b>2158,17 (KWh)</b>

No caso dos ganhos solares, para esta estação, para além dos ganhos solares pelos envidraçados, expressos no Anexo F, devem ser contabilizados também os ganhos solares pela envolvente opaca, apresentados no Anexo G.

$$Q_{sol,v} = 1289,21 + 4153,75 = 5442,96 \text{ kWh}$$

Os ganhos térmicos totais correspondem ao somatório de todos os ganhos, calculados anteriormente, para a estação de arrefecimento.

$$Q_{g,v} = 5442,96 + 2158,17 = 7601,13 \text{ kWh}$$

O valor das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento do edifício,  $N_{vc}$ , é obtido, considerando:

$$\gamma = \frac{7601,13}{(5908,40 + 1191,36)} = 1,071$$

$$\eta_v = \frac{1 - 1,071^{4,20}}{1 - 1,071^{4,20+1}} = 0,779$$

$$N_{vc} = \frac{(1-0,779) \times 7601,13}{184,27} = 9,11 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$$

Para o cálculo do valor limite das necessidades nominais de energia útil para a estação de arrefecimento,  $N_v$ , deve ter-se em conta os seguintes valores regulamentar:


$$\eta_{v_{ref}} = 0,52 + 0,22 \times \ln(4,1) = 0,83$$

$$Q_{g,v_{ref}} = (4 \times 2,928 + 0,43 \times 0,20 \times 490) \times 184,27 = 9923,31 \text{ kWh}$$

$$N_v = \frac{(1-0,83) \times 9923,31}{184,27} = 9,13 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$$

Desta forma, as verificações regulamentares dão-se conforme a Tabela 76.

**Tabela 76 - Verificação regulamentar das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento**

Necessidades Energéticas [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Necessidades Energéticas Máxima [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Verificação	Observações
$N_{vc} = 9,11$	$N_v = 9,13$	$N_{vc} \leq N_v$	Verifica 

#### 4.9. Necessidades de energia para preparação de AQS

A energia necessária para a produção de água quentes sanitária é contabilizada de acordo com a tabela seguinte:

**Tabela 77 - Necessidades de energia para preparação de AQS**

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária		
Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4	
Factor de eficiência hídrica (Quadro VI.1)	1	
Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 35°C)	35	
Número anual de dias de consumo ( $n_d$ ) (Quadro VI.2)	365	
Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_a$ )	2377,29	(kW.h/ano)

#### 4.10. Necessidades de energia para ventilação mecânica

No presente caso de estudo não se verifica a existência de qualquer ventilador mecânico, pelo que a energia a considerar deverá ser nula.

#### 4.11. Energia proveniente de fontes de energia renováveis

As contribuições da energia proveniente de fontes de energia renováveis foram determinadas com recurso ao programa SCE.ER, presente no Anexo H, obtendo-se o valor de 1414 kWh, tendo em conta que se trata de um sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,6 m<sup>2</sup> de coletores com inclinação de 35° e orientação 0° e armazenamento de água sanitária com 160 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.

O circuito primário com 24 m de comprimento, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura.

Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m<sup>2</sup> por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.

Apoio energético fornecido por sistema elétrico com eficiência nominal 100%; montagem ao depósito, controlo temporizado.

Quatro coletores de modelo Padrão REH.

Características principais: área de abertura 0,65 m<sup>2</sup>, coeficientes de perdas térmicas  $a_1 = 4,12$  W/m<sup>2</sup>K e  $a_2 = 0,014$  W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>, rendimento ótico = 73%.

Um depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 160 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 4,5 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.

Água quente distribuída por tubagens de calibre 15 mm isoladas por poliuretano com espessura 12 mm, com 12 m entre depósito e ponto de consumo.

#### 4.12. Necessidades de energia primária

Nos projetos das diferentes especialidades relativas a este edifício, estava prevista a existência de uma caldeira a gasóleo para produção de AQS e climatização, com classe de eficiência energética A e rendimento nominal de 89%.

Uma vez que não existe especificação técnica ao nível dos equipamentos técnicos a instalar para aproveitamento de energias renováveis e para arrefecimento, optou-se por considerar que serão utilizados os que cumprem com os requisitos mínimos de eficiência, tendo sido escolhidos de forma a verificar o limiar inferior das exigências, ou seja, os equipamentos menos eficientes, mas regulamentares do ponto de vista das exigências legais. Os dois equipamentos a definir, a sua função, bem como o valor da eficiência energética são:

- Painel Solar Térmico para produção de AQS, especificado no ponto 4.11;
- Unidade *multisplit*, permuta ar – ar, funcionamento a energia elétrica, para produção térmica para a estação de arrefecimento, classe B e EER = 3,00

As necessidades nominais de energia primária,  $N_{tc}$ , são contabilizadas tendo em conta os seguintes valores parcelares:

- Energia útil para aquecimento

$$\sum_j \left( \sum_k \frac{f_{i,k} \cdot N_{ic}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} = \frac{33,47 \times 1,0}{0,89} = 37,61 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

- Energia útil para arrefecimento

Uma vez que se verifica que o fator de utilização dos ganhos térmicos,  $\eta_v$ , é inferior ao respetivo fator de referência,  $\eta_{v_{ref}}$ , então,  $\delta = 1$ , logo:

$$\sum_j \left( \sum_k \frac{f_{v,k} \cdot \delta \cdot N_{vc}}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} = \frac{9,11 \times 2,5}{3,00} = 7,59 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

- Energia útil para produção de AQS

Importa salientar que, como referido anteriormente, a função do painel solar térmico é para produção de AQS, o que leva à necessidade de aferir a energia real, despendida no aquecimento das águas, consoante o rendimento dos dois equipamentos utilizados para esta função, ou seja:

$$\frac{f_{a,k} \cdot Q_a}{\eta_k} = \begin{cases} \text{Caldeira: } \frac{1 \times (2377,29 - 1414)}{0,89} = 1082,348 \\ \text{Painel solar: } \frac{1 \times 1414}{1,00} = 1414 \end{cases} \quad \text{Total} = 2496,348 \text{ kWh}_{EP}$$

Então:

$$\sum_j \left( \sum_k \frac{f_{a,k} \cdot Q_a / A_p}{\eta_k} \right) \cdot F_{pu,j} = \frac{2496,348}{184,27} = 13,55 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

- Energia útil para ventilação mecânica

$$\sum_j \frac{W_{vm,j}}{A_p} \cdot F_{pu,j} = 0 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

- Energia útil proveniente de fontes de energia renovável

$$\sum_p \frac{E_{ren,p}}{A_p} \cdot F_{pu,p} = \frac{1414 \times 1,0}{184,27} = 7,67 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

Então,

$$N_{tc} = 37,61 + 7,59 + 13,55 + 0 - 7,67 = 51,08 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

O valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária,  $N_t$ , corresponde a:

$$N_t = 57,76 + 7,61 + 14,50 = 79,86 \text{ kWh}_{EP}/(\text{m}^2 \cdot \text{ano})$$

A verificação regulamentar das necessidades de energia primária é efetuada conforme a seguinte tabela:

**Tabela 78 - Verificação regulamentar das necessidades de energia primária**

Necessidades Energéticas [kWh/m².ano]	Necessidades Energéticas Máxima [kWh/m².ano]	Verificação	Observações
$N_{tc} = 51,08$	$N_t = 79,86$	$N_{tc} \leq N_t$	Verifica ✓

#### 4.13. Classe energética

O rácio de classe energética é de:

$$R_{Nt} = \frac{51,08}{79,86} = 0,64$$

Logo a classe energética do edifício em estudo é:



**Figura 27 - Classe energética da habitação**

#### 4.14. Folhas de Cálculo

Com o intuito de determinar, validar e comparar os vários valores obtidos para as diferentes etapas da aplicação do REH, foram utilizadas folhas de cálculo semiautomáticas e comparados os valores com o software disponibilizado pelo ITeCons.

A primeira folha de cálculo utilizada foi fornecida pela orientadora desta dissertação, encontra-se presente no Anexo I, e preenchida de acordo com a habitação em estudo em conformidade com as exigências legais em vigor para a data da conclusão deste projeto, pelo que também será esta a utilizada para determinar os valores referentes ao estudo comparativo realizado no capítulo seguinte. Trata-se duma folha de cálculo simples e objetiva, que cumpre o seu objetivo de forma bastante eficaz. Uma das grandes vantagens deve-se à fácil interpretação dos resultados obtidos. Importa salientar que é necessário ter especial atenção na definição de alguns parâmetros, pelo que a consideração de alguns cálculos parcelares de forma autónoma deve ser tida em conta.

A segunda folha de cálculo utilizada, a “Folha de Cálculo do ITeCons” presente no Anexo J serviu essencialmente para explorar e confirmar os valores obtidos na folha de cálculo retratada no parágrafo anterior. Trata-se de um software bastante completo com a grande vantagem de a maioria dos valores ser determinada de forma automática, no entanto refere-se que apresenta o inconveniente de ter a maioria dos cálculos ocultos, o que muitas das vezes pode levar ao levantamento de dúvidas na interpretação dos valores e de só permitir essa interpretação no final da introdução total dos dados e de ainda ser responsável pela saída de resultados em formato muito extenso, levando muitas vezes a um grande desperdício de papel.

Note-se que os valores obtidos nestas duas folhas de cálculo são algo diferentes, bem como na folha de cálculo do ITeCons o parâmetro  $N_{vc}$  encontra-se a vermelho, o que à partida seria um incumprimento regulamentar, mas, tais variações devem-se essencialmente à consideração de arredondamentos, pelo que foi tida, com se pode observar na folha de cálculo institucional, como uma verificação regulamentar em conformidade legal.

A terceira folha de cálculo refere-se a uma folha de cálculo criada por um grupo de alunos da disciplina de Projeto Integrado, da Licenciatura em Engenharia Civil, do Instituto Superior de Engenharia do Porto que, até à data da conclusão desta dissertação, ainda não estava concluída pelo que, apesar da breve observação e até alguma troca de informação, a sua utilização integral, não foi possível, pelo que não será apresentada neste trabalho.

#### **4.15. Análises Comparativas**

Um dos objetivos fundamentais desta dissertação refere-se à análise das alterações legislativas que têm vindo a ocorrer relativamente aos parâmetros necessários para a aplicação da metodologia definida no REH, bem como as implicações quanto às soluções construtivas, regulamentares, a adotar. Para que o estudo fosse possível e as comparações fossem viáveis, optou-se por considerar duas análises comparativas. Na primeira análise pretende-se perceber quais as influências das alterações legislativas na zona climática em estudo, com a segunda análise pretende-se perceber quais as implicações originadas pelas alterações legislativas nas restantes zonas climáticas.

Foi ainda realizado um terceiro estudo com o objetivo essencial de verificar a influência das pontes térmicas planas nas trocas de calor da habitação, para as duas estações climáticas.

##### **4.15.1. Implicações das alterações legislativas ocorridas em 2016**

Esta análise centra-se na admissão de três diferentes hipóteses (I, II e III) e que constituem formas de simular o desempenho térmico da habitação em estudo, diferenciando entre elas ao nível das soluções construtivas adotadas que vão ao encontro com as exigências previstas para os diferentes períodos de tempo desde 2013, data da publicação do REH, até ao início de 2016.

A primeira simulação refere-se ao desempenho energético do caso de estudo em conformidade com as especificações legais para a atualidade, com os parâmetros obtidos e definidos no capítulo anterior.

A segunda simulação diz respeito à mesma habitação, mas com as soluções construtivas tidas como convencionais para um período de tempo antecedente à publicação dos novos requisitos regulamentares, ou seja, antes da entrada em vigor da Portaria 379-A/2015, de 22 de outubro. Nesta hipótese, os cálculos foram realizados com recurso ao software Solterm para a contabilização da contribuição de energia proveniente do sistema solar térmico, programa em vigor nesta altura. O relatório obtido na consideração deste software consta do Anexo K.

A terceira simulação refere-se à mesma habitação com as exigências regulamentares equivalentes à hipótese II, mas com as soluções construtivas a adotarem os valores do



coeficiente de transferência limite, tendo em vista o cumprimento da legislação em vigor para essa época.

Como descrito anteriormente, a hipótese I, refere-se ao estudo de caso apresentado integralmente, no capítulo 4, no entanto, para melhor compreensão, uma descrição sucinta dos elementos da envolvente do edifício é apresentada no Anexo L.

Ao nível das necessidades energéticas os valores obtidos são apresentados na seguinte tabela, e como se pode constatar, verificam os limites regulamentares:

**Tabela 79 - Necessidades nominais de energia da Hipótese I**

Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
33,47	51,40	9,11	9,13	51,08	79,86	0,64	B

A segunda simulação difere da primeira ao nível das soluções construtivas adotadas na envolvente da habitação, presentes no Anexo M. Nesta simulação foram consideradas as soluções correntes até finais de 2015 e que cumpriam as especificações da Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro.

Sucintamente, as alterações efetuadas foram:

- redução da camada de isolamento de 5 cm para 3 cm, nas zonas comuns das paredes exteriores;
- redução da camada de isolamento de 6 cm para 4 cm e por sua vez redução de 2 cm na espessura total das paredes interiores para a zona da garagem;
- redução da camada de isolamento, no pavimento da habitação, de 8 cm para 4 cm;
- Redução da camada de isolamento de 8 cm para 6 cm, na cobertura.

Através da análise do Anexo M, pode constatar-se que as alterações efetuadas deram-se essencialmente ao nível das espessuras de isolante, uma vez que, as exigências até à data não eram tão rigorosas como as atuais optando-se por retirar esta camada, quando fosse possível do ponto de vista regulamentar, ou diminuir até ao máximo de 3 cm de poliestireno para que existisse viabilidade de execução na fase de construção, exceto quando se verificasse a

inexistência de soluções construtivas com espessura adequadas. Por exemplo, no caso das paredes interiores, optou-se pela solução construtiva com 4 cm de isolamento, uma vez que não era usual a existência de uma parede de alvenaria de 8 cm.

Em relação aos vãos envidraçados, numa primeira abordagem, não sofreram alterações, ou seja, o seu coeficiente de transmissão térmica superficial manteve-se igual a  $2,10 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$  no caso dos vãos envidraçados verticais e  $1,96 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ , no caso dos vãos horizontais.

Os resultados obtidos na primeira abordagem para esta simulação encontram-se na Tabela 80.

**Tabela 80 - Necessidades nominais de energia da Hipótese II – 1ª abordagem**

Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
44,56	51,94	9,61	9,13	62,85	80,46	0,78	B-

Como se pode constatar, o valor das necessidades anuais de energia útil para arrefecimento é superior ao valor de referência, pelo que não existe verificação regulamentar, logo, houve a necessidade de realizar uma segunda abordagem, desta vez considerando os envidraçados verticais tidos como usuais, com cortina interior opaca, ou seja  $U_{\text{wdn}} = 2,70 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Os valores da segunda abordagem encontram-se apresentados na Tabela 81. Note-se que esta situação considera envidraçados com coeficiente de transmissão térmica superficial superiores e desta forma conseguiu-se a verificação dos limites regulamentares para a estação de arrefecimento.

**Tabela 81 - Necessidades nominais de energia da Hipótese II – 2ª abordagem**

Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
49,36	51,94	8,65	9,13	67,45	80,46	0,84	B-

Realizaram-se ainda mais duas abordagens para esta hipótese, numa delas optou-se por não alterar os vãos envidraçados verticais, mas a constituição da parede interior em contacto com a garagem que passou para uma parede dupla com alvenarias de 4 cm e em vez de isolante, considerou-se espaço de ar com 3 cm. Na outra abordagem previu-se a possibilidade de

adotar em simultâneo a 2ª e 3ª abordagem. Os resultados destas abordagens encontram-se apresentados na Tabela 82 e Tabela 83, respetivamente.

**Tabela 82 - - Necessidades nominais de energia da Hipótese II – 3ª abordagem**

Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
46,77	51,94	9,15	9,13	64,96	80,46	0,81	B-

**Tabela 83 - Necessidades nominais de energia da Hipótese II – 4ª abordagem**

Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
51,60	51,94	8,24	9,13	69,62	80,46	0,87	B-

Na terceira simulação, a primeira abordagem para aferir o cálculo das necessidades de energia primária passou pela consideração dos elementos construtivos com os coeficientes de transmissão térmica no limiar das imposições legais, de acordo com a Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, mesmo que isso implicasse a inviabilidade na fase de execução. As soluções construtivas pormenorizadas para esta abordagem encontram-se no Anexo N.

Os valores das necessidades energéticas obtidas para esta abordagem estão apresentados na Tabela 84.

**Tabela 84 - Necessidades nominais de energia da Hipótese III – 1ª abordagem**

Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
88,21	51,94	4,48	9,13	103,89	80,46	1,29	C

Como se pode constatar, o valor das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, assim como as necessidades de energia primária não são regulamentares, pelo que se realizaram diversas abordagens com o intuito de aferir os valores para o cumprimento regulamentar, no entanto, constatou-se que para que tal fosse possível, a caracterização dos elementos da envolvente seria praticamente idêntica à segunda abordagem da Variante II.

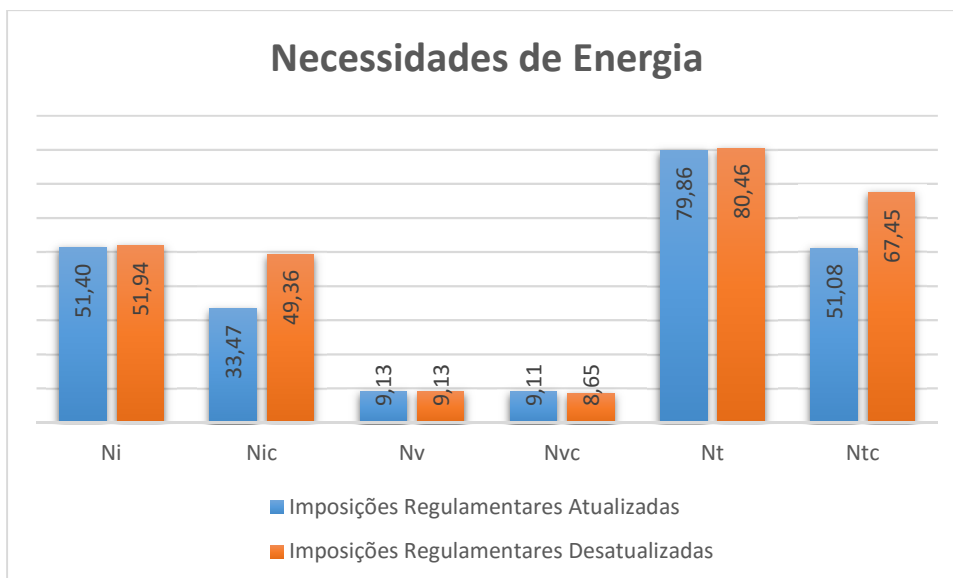
#### 4.15.1.1. Discussão de resultados

Através dos valores obtidos nas simulações realizadas é possível perceber que os valores das necessidades nominais de energia primária diferem substancialmente, consoante as imposições regulamentares a que estão sujeitas. Na Tabela 85 é possível perceber de forma direta essas diferenças.

**Tabela 85 - Necessidades nominais de energia das diferentes simulações**

	Imposições Regulamentares Atualizadas	Imposições Regulamentares Desatualizadas				
		Soluções construtivas usuais até 2015				Limite Regulamentar até 2015
		1ª abordagem	2ª abordagem	3ª abordagem	4ª abordagem	1ª abordagem
Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	51,40	51,94	51,94	51,94	51,94	51,94
Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	33,47	44,56	49,36	46,77	51,60	88,21
Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	9,13	9,13	9,13	9,13	9,13	9,13
Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	9,11	9,61	8,65	9,15	8,24	4,48
Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	79,86	80,46	80,46	80,46	80,46	80,46
Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	51,08	62,85	67,45	64,96	69,62	103,89
R	0,64	0,78	0,84	0,81	0,87	1,29
Classe Energética	B	B-	B-	B-	B-	C

Excluindo, para o efeito as abordagens em que não existe cumprimento regulamentar, assim como a 4ª abordagem onde se prevê a alteração em dois elementos construtivos, os valores das necessidades nominais de energia obtidos para as imposições regulamentar atualizadas e a 2ª abordagem referente às imposições regulamentares desatualizadas podem ser apresentados conforme o seguinte gráfico:



**Figura 28 - Gráfico representativo das necessidades nominais de energia da análise A – Zona Climática IIV2**

Constata-se que os valores máximos das necessidades nominais de energia para aquecimento são praticamente idênticos, diferindo apenas  $0,54 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$  e  $0,6 \text{ kWh}_{EP}/\text{m}^2.\text{ano}$ , para a energia primária, já no caso das necessidades de aquecimento os valores são exatamente iguais, com  $9,13 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$ . Estas pequenas diferenças devem-se ao fato de o coeficiente de transmissão de referência superficial de referência relativo aos vãos envidraçados ser diferente para as duas imposições regulamentares, para esta zona climática serem de  $2,8 \text{ W/m}^2.\text{°C}$ , para o primeiro caso, e  $2,9 \text{ W/m}^2.\text{°C}$  para o segundo caso.

Em relação às necessidades nominais efetivas do caso em estudo, verifica-se que existem grandes diferenças.

A energia necessária para aquecimento, no primeiro caso, em que são consideradas as soluções construtivas regulamentares para as imposições atuais, são bastantes mais baixas, cerca de 32%, do que as obtidas de acordo com a legislação anterior, ou seja, o comportamento térmico da fração na estação de aquecimento melhora significativamente. Essa diferença deve-se essencialmente ao fato de que os  $U_{\text{max}}$  regulamentares serem bastante mais exigentes, ou seja, mais baixos, para as imposições atuais, o que leva a que o valor total das necessidades de energia útil para aquecimento seja mais baixo também.

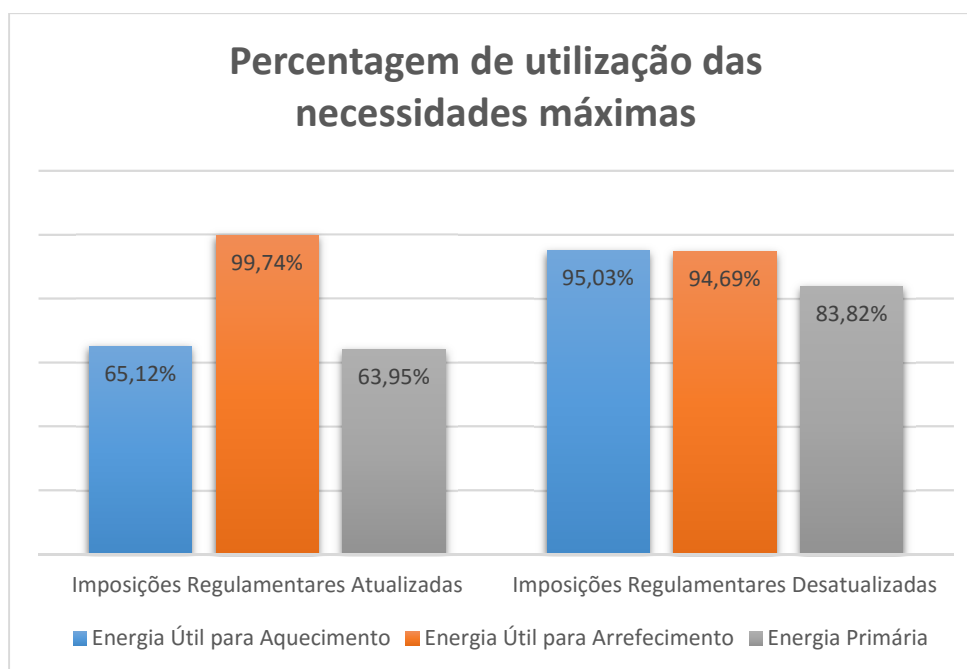
No caso das necessidades para arrefecimento, percebe-se que o comportamento térmico é pior, uma vez que os valores diferem entre eles em  $0,46 \text{ W/m}^2.\text{°C}$ , sendo que as necessidades

do primeiro caso são mais altas que no segundo, uma vez que os coeficientes de transmissão térmica são inferiores, logo, como seria de esperar, as necessidades de arrefecimento são mais altas. Constatou-se ainda que existiu a necessidade de alterar a solução dos envidraçados para o caso da legislação desatualizada, ou seja, aumentou-se o coeficiente de transmissão térmica superficial, piorando-se o seu comportamento térmico, para que houvesse um aumento das perdas térmicas, possibilitando assim o arrefecimento natural da habitação.

De uma forma geral, constatou-se que coeficientes de transmissão térmica baixos beneficiam a estação de aquecimento, reduzindo as trocas de calor pela envolvente, mas por sua vez, prejudicam a estação de arrefecimento, impedindo o processo de trocas de calor pela envolvente, do interior para o exterior, durante o período noturno, ou seja, o arrefecimento natural da habitação no verão.

Em relação às necessidades de energia primária constatou-se que existe uma redução significativa no caso das considerações da legislação atual, pois a parcela das necessidades nominais de aquecimento é substancialmente mais baixa, como se viu anteriormente.

Verifica-se também que, à exceção das necessidades nominais de energia para arrefecimento, os valores das restantes necessidades energéticas, para o primeiro caso em estudo, encontram-se longe das necessidades máximas, pois veja-se o seguinte gráfico onde são apresentadas as percentagens de utilização das necessidades máximas.



**Figura 29 - Gráfico representativo da percentagem de utilização das necessidades máximas de energia da análise A – Zona Climática I1V2**

As percentagens apresentadas anteriormente validam a ideia de que os coeficientes de transmissão utilizados, tendo em conta as imposições regulamentares atualizadas, são bastante rigorosos. Tal facto melhora substancialmente as necessidades de energia na estação de aquecimento e de energia primária. Mas, são prejudiciais na estação de arrefecimento. No entanto, o facto de existirem melhorias no inverno tem mais impacto no desempenho anual da habitação, pois a duração do clima de inverno (cerca de 6 meses) é muito superior aos 4 meses de Verão.

Ao nível da classe energética obtida, verifica-se um aumento de um nível na classe energética, ou seja, no caso da legislação em vigor a partir de 2016, obteve-se classe energética B e no caso da legislação em vigor até 2015 obteve-se a classe energética B-, estando ambas dentro dos limites legais, com classe energética igual ou superior a B-

Verifica-se também que com a entrada em vigor da Portaria 379-A/2015, de 22 de outubro, poderá existir uma redução da área útil de pavimento. Uma vez que as espessuras da camada de isolamento dos diversos elementos da envolvente são maiores, a espessura do próprio elemento será também maior, o que leva obrigatoriamente a uma redução da área útil da habitação. No presente caso de estudos não se verifica de forma direta essa redução, uma vez que apenas as paredes interiores, que separam o espaço útil do espaço não útil, na zona

da garagem, sofrem um aumento da suas espessura total, como se pode constatar no Anexo M passam de 15cm para 17 cm, o que leva a uma redução de apenas 0,13 m<sup>2</sup> da área útil de pavimento, porém, se existisse esta redução de espessura nas paredes exteriores, constatava-se a redução total de cerca de 1,63 m<sup>2</sup>, ou seja, cerca de 0,9% da área útil total.

#### **4.15.2. Análise comparativa para as diferentes zonas climáticas**

Com esta análise, pretende-se avaliar o comportamento térmico da habitação admitindo que está situada nas diferentes zonas climáticas previstas para o nosso país.

A distribuição geográfica das diferentes zonas climáticas, bem como as localidades e a altitude em que se irá situar a habitação estão apresentadas na Figura 30 e Tabela 86, respetivamente.



**Figura 30 - Distribuição geográfica das zonas climáticas consideradas (Google earth)**



**Tabela 86 - Zonas climáticas, NUTS III, localidades e altitudes consideradas**

Zona Climática	NUTS III	Município	Altitude [m]
I1 V1	R. A. Açores	Lajes do Pico	400
I1 V2	Grande Porto	Vila Nova de Gaia	10
I1 V3	Médio Tejo	Tomar	60
I2 V1	Pinhal Litoral	Batalha	200
I2 V2	Cávado	Esposende	40
I2 V3	Algarve	Monchique	460
I3 V1	Minho - Lima	Melgaço	425
I3 V2	Entre Douro e Vouga	Arouca	490
I3 V3	Douro	Lamego	650

Os valores foram obtidos para as diferentes zonas climáticas e sem qualquer alteração das soluções construtivas que tinham sido inicialmente propostas para Vila Nova de Gaia, zona I1 V2. Nesta fase optou-se por não fazer quaisquer alterações nas soluções construtivas, ou seja, muitas das soluções não cumprem com os valores dos coeficientes de transmissão máximos,  $U_{max}$ . Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 87.

**Tabela 87 - Necessidades nominais de energia obtidas sem alteração das soluções construtivas, para a legislação em vigor a partir de 2016**

Zona Climática	Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
I1 V1	56,68	75,69	1,49	8,45	69,56	106,58	0,65	B
I1 V2	33,47	51,40	9,11	9,13	51,08	79,86	0,64	B
I1 V3	39,15	57,09	21,94	13,45	68,14	89,84	0,76	B-
I2 V1	48,21	60,60	5,95	7,13	65,00	88,53	0,73	B
I2 V2	43,63	54,48	9,87	8,50	63,12	82,79	0,76	B-
I2 V3	68,85	74,68	24,45	18,97	103,62	114,22	0,91	B-
I3 V1	73,85	75,93	5,36	7,84	88,85	106,35	0,84	B-
I3 V2	74,02	75,03	6,02	8,30	89,05	105,71	0,84	B-
I3 V3	77,81	78,15	17,01	15,98	107,48	115,63	0,93	B-

Observando a tabela anterior, é possível constatar o seguinte:

- As comparações não são fáceis de realizar, pois os dados climáticos podem ser substancialmente diferentes dentro da mesma zona climática;
- Na estação de aquecimento a habitação cumpre as necessidades de energia máximas, desde I1 até I3;
- Na estação de arrefecimento a habitação não cumpre o valor máximo das necessidades de energia para V3 e também para a localização correspondente à zona climática I2V2;
- Ao nível da energia primária a habitação cumpre com os limites máximos, para todas as zonas climáticas
- As classes energéticas diferem, consoante as zonas climáticas em estudo, entre B e B-

Relativamente às imposições em vigor até ao final do ano de 2015, o desempenho da fração em estudo, sem qualquer alteração das soluções construtivas, nas varias zonas climáticas encontra-se representado na Tabela 88.

**Tabela 88 - Necessidades nominais de energia obtidas sem alteração das soluções construtivas, para a legislação em vigor até 2015**

Zona Climática	Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
I1 V1	74,99	84,87	1,29	8,45	89,05	116,90	0,76	B-
I1 V2	49,36	51,94	8,65	9,13	67,45	80,46	0,84	B-
I1 V3	56,49	57,66	22,95	13,45	87,38	90,48	0,97	B-
I2 V1	69,55	62,00	5,52	7,13	82,93	90,11	0,92	B-
I2 V2	62,90	55,75	9,44	8,50	83,32	84,22	0,99	B-
I2 V3	92,64	76,17	25,98	18,97	130,52	115,90	1,13	C
I3 V1	102,00	77,72	4,88	7,84	119,39	108,36	1,10	C
I3 V2	101,51	76,77	5,54	8,30	118,84	107,67	1,10	C
I3 V3	106,14	79,94	17,22	15,98	138,39	117,64	1,18	C

Conforme os dados apresentados na tabela anterior, constata-se que as soluções definidas inicialmente não cumprem com a maioria dos requisitos para as restantes zonas climáticas, uma vez que se tratam de zonas climáticas mais exigentes.

Dada a necessidade de se verificarem as imposições regulamentares em vigor a partir de 2016, adequadas a cada zona climática, realizaram-se diversas simulações, através da consideração de diferentes sistemas construtivos para os elementos da envolvente, bem como a alteração de outros parâmetros que influenciam as necessidades energéticas da habitação, conforme apresentadas de seguida:

- **Zona Climática I1V1**

Nesta zona climática não se verifica a necessidades de realizar alterações, uma vez que se trata de uma zona climática menos exigente do que a zona climática real da habitação, logo, a verificação regulamentar encontra-se assegurada.

- **Zona Climática I1V2**

Trata-se da zona climática real da habitação em estudo, pelo que as soluções construtivas foram definidas anteriormente de forma a verificar as exigências regulamentares em estudo.

- **Zona Climática I1V3**

Como se pode constatar através da análise da Tabela 87 não existe cumprimento regulamentar pelo que se verificou a necessidade de corrigir as soluções adotadas.

Dadas as exigências regulamentares atuais, apenas existiu a necessidade de corrigir os sistemas por forma a verificarem a estação de arrefecimento, no entanto, não se conseguiu, apenas através da alteração dos elementos da envolvente que existisse verificação regulamentar, pelo que se optou por alterar também a taxa de renovação de ar da habitação. As alterações efetuadas passam pela consideração da taxa de renovação de ar igual a  $1,0 \text{ h}^{-1}$ , assim como a substituição dos dispositivos de proteção solar dos vãos envidraçados verticais por portadas exteriores, originando um coeficiente de transmissão térmica superficial dos vãos envidraçados verticais igual a  $2,0 \text{ W/m}^2$ , valor mais baixo que a consideração anterior, no entanto, através da aplicação destes dispositivos de proteção o fator solar do vão envidraçado,  $g_{Tvc}$ , desce consideravelmente, o que leva a uma redução dos ganhos solares pelos vãos envidraçados na estação de arrefecimento, condição favorável para a redução das necessidades nominais de energia para arrefecimento.

As necessidades de energia originadas pelas alterações consideradas para esta zona climática, encontram-se expressas na Tabela 89.

**Tabela 89 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I1V3**

Zona Climática	Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
I1 V3	50,23	59,65	13,43	13,45	73,50	92,72	0,79	B-

• **Zona Climática I2V1**

Nesta zona climática, assim como em todas as zonas climáticas pertencentes a I2, houve a necessidade de efetuar alterações na envolvente da habitação com o intuito de cumprir com as imposições do coeficiente de transmissão térmica máximo. Estas alterações encontram-se apresentadas na tabela seguinte:

**Tabela 90 - Alterações das soluções construtivas de acordo com as imposições regulamentares atualizadas, para a Zona Climática I2V1**

Elemento Construtivo	Alterações das Soluções Construtivas		Poliestireno [cm]	Espessura total [cm]	U [W/m <sup>2</sup> .°C]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> .°C]	U <sub>ref</sub> [W/m <sup>2</sup> .°C]	Verificação
	Verificação de U <sub>max</sub>	Verificação das Necessidades Nominais de Energia						
Parede Exterior	Aumento de 1 cm na espessura do isolante e redução de 1 cm na alvenaria	-----	6,00	35,00	0,40	0,40	0,40	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Pilar	Não sofre alterações		3,00	35,00	0,83	0,90	-----	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Viga	Não sofre alterações		3,00	35,00	0,83	0,90	-----	Verifica
Paredes Interiores – Zona de ENU	Aumento de 2 cm na espessura do isolante	-----	8,00	19,00	0,38	0,40	0,40	Verifica
Pavimento	Aumento de 2 cm na espessura do isolante	-----	10,00	23,00	0,33	0,35	0,35	Verifica
Cobertura	Aumento de 1 cm na espessura do isolante	-----	9,00	47,00	0,33	0,35	0,35	Verifica
Envidraçados Verticais	Não sofre alterações		-----	2,20	2,10	2,40	2,40	Verifica
Envidraçados Horizontais	Não sofre alterações		-----	2,20	1,96	2,40	2,40	Verifica

Os resultados obtidos para as necessidades nominais de energia, através da alteração das soluções construtivas, para esta zona climática encontram-se na Tabela 91.

**Tabela 91 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I2V1**

Zona Climática	Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
I2 V1	43,35	60,60	6,67	7,13	60,14	88,53	0,68	B

- **Zona Climática I2V2**

Para a estação climática I2V2 verifica-se também a necessidades de alterar as soluções construtivas por forma a cumprir com os valores máximos do coeficiente de transmissão térmica, conforme apresentado na Tabela 90, mas também a consideração de portadas exteriores como proteção solar, foi necessária para que se verifique a redução das necessidades nominais de energia para arrefecimento.

Tendo em conta todas as alterações efetuadas, os resultados obtidos para as necessidades nominais de energia para esta zona climática são as que a seguir se apresentam.

**Tabela 92 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I2V2**

Zona Climática	Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
I2 V2	38,33	54,48	6,16	8,50	54,08	82,79	0,65	B

- **Zona Climática I2V3**

Nesta zona climática as alterações efetuadas são idênticas às propostas para a zona climática I2V2. As necessidades nominais de energia para esta zona climática encontram-se apresentadas na Tabela 93.

**Tabela 93 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I2V3**

Zona Climática	Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
I2 V3	62,13	74,68	18,23	18,97	90,88	114,22	0,80	B-

- **Zona Climática I3V1**

Na zona climática I3V1, assim como em todas as zonas climáticas pertencentes a I3, existiu a necessidade, imposta pela legislação, de diminuir os coeficientes de transmissão térmica dos diferentes elementos construtivos, por forma a verificarem os coeficientes de transmissão térmica máximos,  $U_{max}$ . Estas alterações encontram-se apresentadas na Tabela 94.

**Tabela 94 - Alterações das soluções construtivas de acordo com as imposições regulamentares atualizadas, para a Zona Climática I3V1**

Elemento Construtivo	Alterações das Soluções Construtivas		Poliestireno [cm]	Espessura total [cm]	U [W/m <sup>2</sup> .°C]	U <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> .°C]	U <sub>ref</sub> [W/m <sup>2</sup> .°C]	Verificação
	Verificação de U <sub>max</sub>	Verificação das Necessidades Nominais de Energia						
Parede Exterior	Aumento de 4 cm na espessura do isolante e redução de 4 cm na alvenaria	-----	9,00	35,00	0,32	0,35	0,35	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Pilar	Não sofre alterações		3,00	35,00	0,83	0,90	-----	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Viga	Não sofre alterações		3,00	35,00	0,83	0,90	-----	Verifica
Paredes Interiores – Zona de ENU	Aumento de 3 cm na espessura do isolante	-----	9,00	20,00	0,34	0,35	0,35	Verifica
Pavimento	Aumento de 3 cm na espessura do isolante	-----	11,00	24,00	0,30	0,30	0,30	Verifica
Cobertura	Aumento de 3 cm na espessura do isolante	-----	11,00	49,00	$U_{asc.}$ 0,28	0,30	0,30	Verifica
Envidraçados Verticais	Não sofre alterações		-----	2,20	2,10	2,20	2,20	Verifica
Envidraçados Horizontais	Não sofre alterações		-----	2,20	$U_{asc.}$ 1,96	2,20	2,20	Verifica

Após a aplicação das alterações anteriormente referidas, o cálculo das necessidades energéticas para a zona climática I3V1 encontra-se na Tabela 95.

**Tabela 95 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I3V1**

Zona Climática	N <sub>ic</sub> [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>i</sub> [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>vc</sub> [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>v</sub> [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>tc</sub> [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>t</sub> [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
I3 V1	61,44	75,93	6,71	7,84	80,49	106,35	0,76	B-

- **Zona Climática I3V2**

As alterações consideradas para a zona climática anterior, I3V1, revelaram-se suficientes para que exista cumprimento regulamentar, conforme apresentado na Tabela 96.

**Tabela 96 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I3V2**

Zona Climática	N <sub>ic</sub> [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>i</sub> [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>vc</sub> [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>v</sub> [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>tc</sub> [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	N <sub>t</sub> [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
I3 V2	61,87	75,03	7,46	8,30	81,61	105,71	0,77	B-

- **Zona Climática I3V3**

Na zona climática mais exigente, tanto no inverno como no verão, no caso das imposições regulamentares atualizadas, verificou-se a necessidade de corrigir o valor das necessidades de energia útil para arrefecimento, sendo que a consideração de portadas exteriores revela-se suficiente para que se verifique esta condição.

Os valores das necessidades energéticas encontram-se apresentados na seguinte tabela:

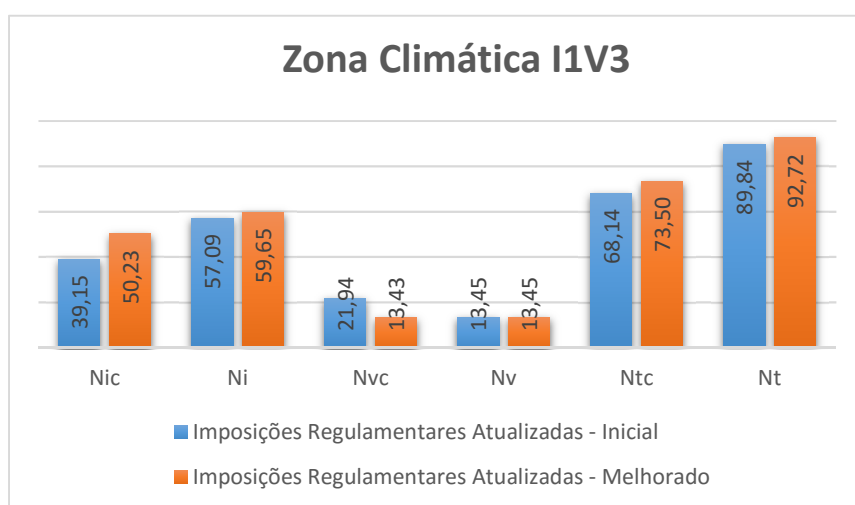
**Tabela 97 - Necessidades nominais de energia corrigidas para a Zona Climática I3V3**

Zona Climática	Nic [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ni [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nvc [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Nv [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	Ntc [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	Nt [kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> .ano]	R	Classe Energética
I3 V3	63,90	78,15	12,51	15,98	88,10	115,63	0,76	B-

#### 4.15.2.1. Discussão de resultados

Como se verificou anteriormente, na apresentação dos resultados obtidos não existiu necessidades de efetuar alterações nos elementos da envolvente nas zonas climáticas I1V1 e I1V2, uma vez que as soluções de base foram pensadas e dimensionadas para verificarem as imposições regulamentares para I1V2.

No caso da zona climática I1V3, as necessidades energéticas obtidas antes e após as alterações dos elementos da envolvente, determinadas conforme as diferentes imposições legais, encontram-se na Figura 31.



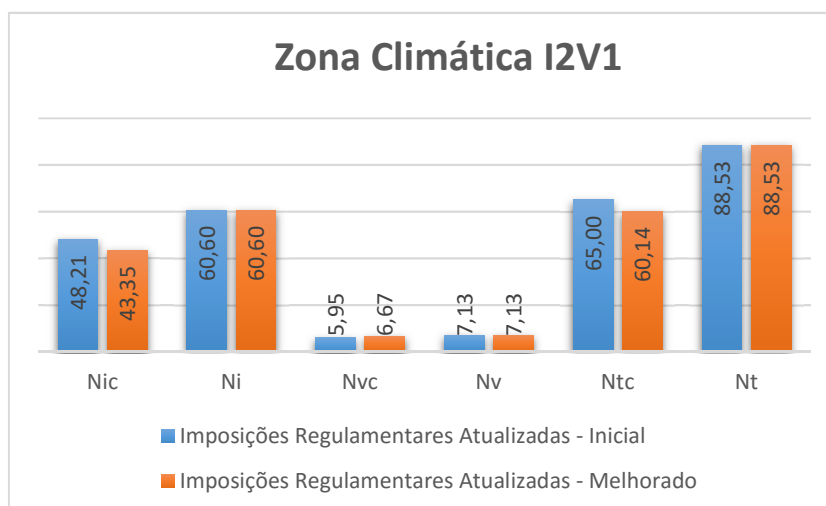
**Figura 31 – Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I1V3**

Constata-se que as necessidades nominais de energia para aquecimento, obtidas através das imposições legais atualizadas, encontram-se longe do máximo permitido, cerca de 31,4% abaixo do limiar, devido ao facto de os elementos da envolvente possuírem um coeficiente de transmissão térmica muito reduzido, o que provoca uma redução das necessidades de aquecimento, porém, um aumento das necessidades de arrefecimento, neste caso, para um valor não regulamentar.

As alterações consideradas levaram a um equilíbrio dos valores obtidos, no entanto, não se revelou suficiente efetuar alterações nos elementos da envolvente pelo que se deu a necessidade de alterar também a taxa de renovação de ar. Esta alteração trata-se de uma alteração meramente indicativa para o estudo em questão, uma vez que não corresponde à realidade da habitação, como se pode contatar através da consulta do Anexo E.

Nas zonas climáticas onde o Inverno é superior à classe II, houve a necessidade de corrigir os coeficientes de transmissão térmica dos vários elementos, para irem ao encontro dos coeficientes de transmissão térmica máximos. As alterações, de uma forma geral, deram-se ao nível da espessura da camada de isolante.

Os valores obtidos na zona climática I2V1, encontram-se representado graficamente na Figura 32.



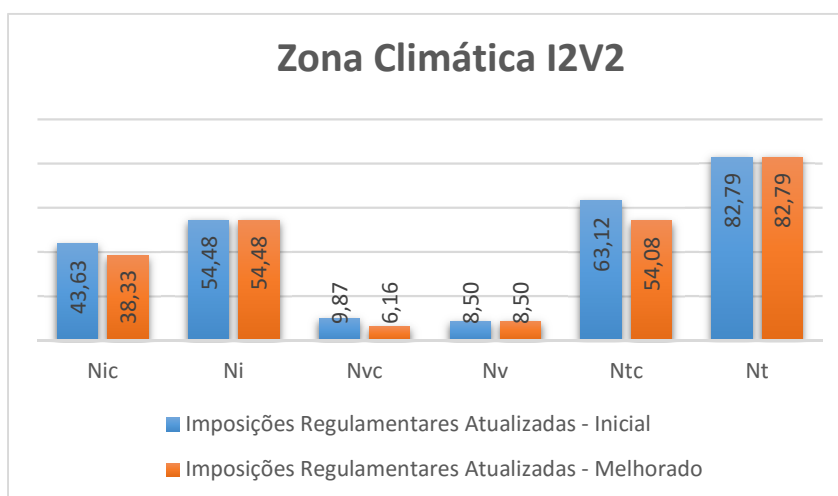
**Figura 32 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I2V1**

Mais uma vez se constata que a redução do coeficiente de transmissão térmica superficial dos elementos da envolvente da habitação leva à redução das necessidades energéticas para aquecimento e por consequência o aumento das necessidades para arrefecimento. No caso



concreto desta zona climática, verifica-se a redução de cerca de 10% na estação de aquecimento e o aumento de 12,1% na estação de arrefecimento e ainda a redução de cerca de 7,5% das necessidades de energia primária. Note-se ainda que esta zona climática é a menos exigente em relação ao Verão, pelo que não existe implicações diretas nas verificações regulamentares, originadas pelas alterações consideradas.

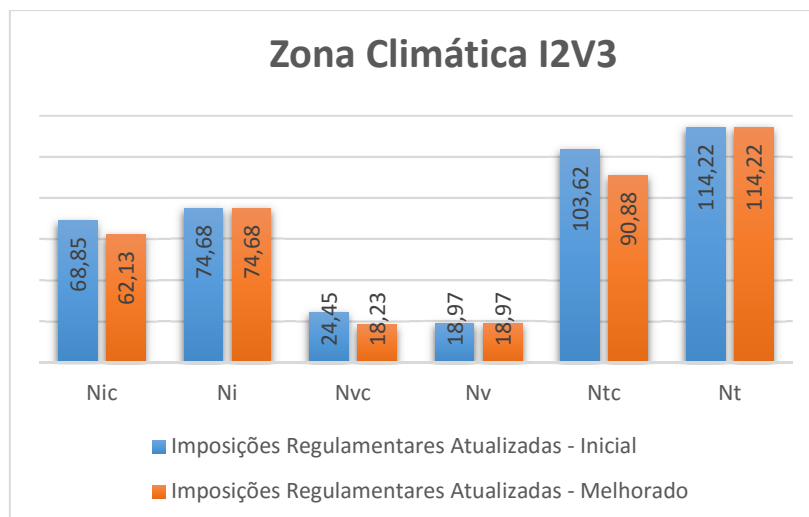
O gráfico representativo da zona climática I2V2 encontra-se expresso na Figura 33, onde se pode verificar os ajustes energéticos originados pelas alterações consideradas anteriormente para esta zona climática.



**Figura 33 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I2V2**

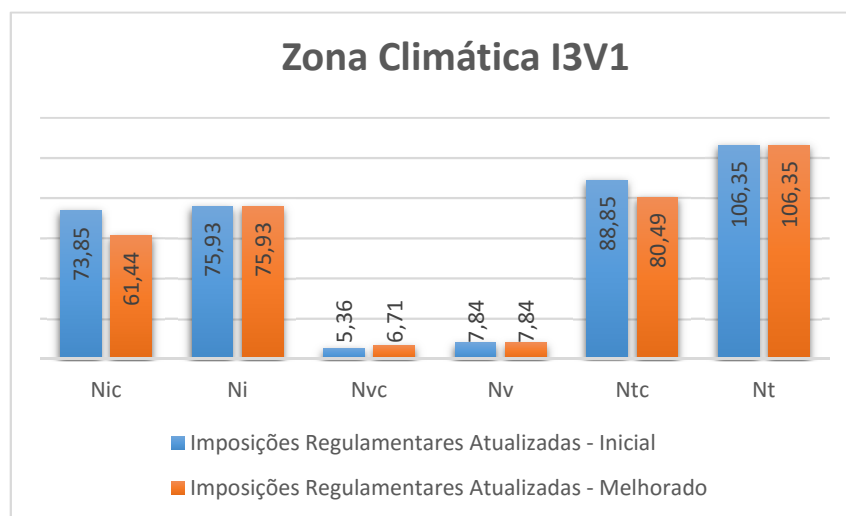
Verifica-se que neste caso as alterações derivadas das imposições regulamentares em relação aos coeficientes de transmissão térmica, assim como a substituição dos dispositivos de proteção solar por portadas exteriores, implicam a redução de 12,1 % das necessidades energéticas para aquecimento e a diminuição de 37,6% das necessidades energéticas para arrefecimento.

Na zona climática I2V3, as alterações consideradas para as verificações da legislação atual influenciaram os valores das necessidades nominais de energia útil por forma a serem inferiores às necessidades energéticas máximas admissíveis, como se pode constatar no gráfico apresentado na Figura 34.

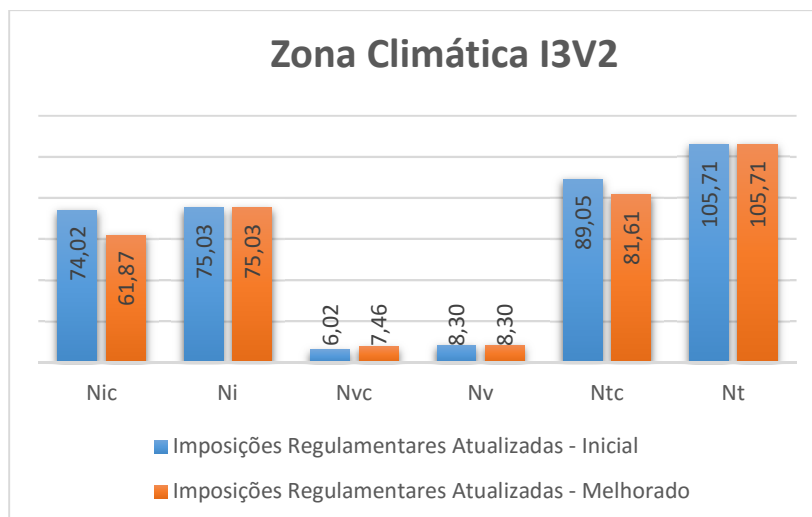


**Figura 34 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I2V3**

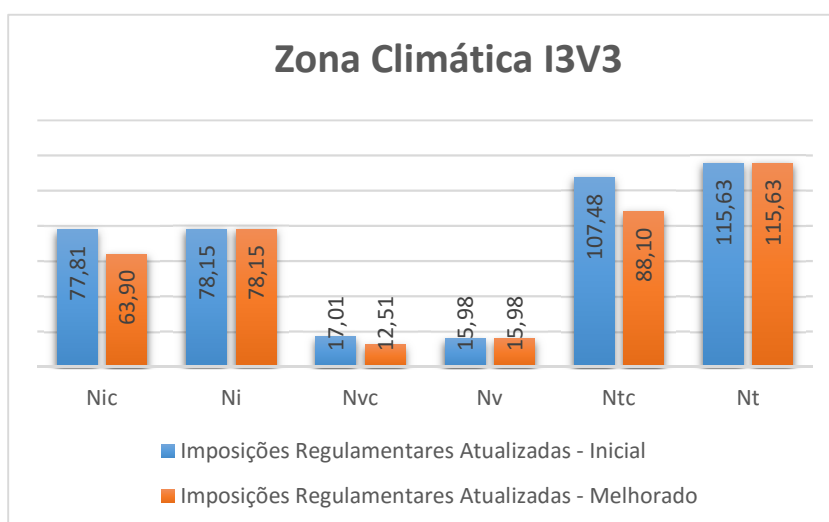
Relativamente às zonas climáticas com maiores exigências relativamente à estação de aquecimento, ou seja, I3V1, I3V2 e I3V3, as necessidades energéticas encontram-se representadas graficamente na Figura 35, Figura 36 e Figura 37, respetivamente.



**Figura 35 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I3V1**



**Figura 36 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I3V2**



**Figura 37 - Gráfico referente às necessidades nominais de energia da zona climática I3V3**

Contata-se que, além das alterações efetuadas tendo em conta os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis, apenas existiu a necessidade de alterar os dispositivos de proteção solar dos vãos envidraçados na zona climática I3V3, por forma a verificar as imposições relativas à estação de arrefecimento. Ao nível das necessidades nominais de energia primária, as diversas alterações consideradas levaram à redução de 9,4% na zona climática I3V1, 8,4% na zona climática I3V2 e 18% na zona climática I3V3.

De uma forma geral, constata-se que as alterações propostas vão ao encontro dos coeficientes máximos de transmissão térmica impostos para as diferentes zonas climáticas, mesmo que se verifique o cumprimento das necessidades energéticas máximas admissíveis. Relativamente à estação de arrefecimento, devido ao facto das soluções possuírem um

coeficiente de transmissão térmica demasiado reduzido, deu-se a necessidade de efetuar, em alguns casos, alterações que reduzissem as necessidades nominais de energia para esta estação.

Importa salientar ainda o facto que comprova a ideia de que os coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis impostos pela recente alteração da Portaria 349-B/2013, de 29 de novembro, são bastante exigentes, dá-se na verificação de que as soluções construtivas propostas inicialmente para Vila Nova de Gaia, Zona Climática II, cumprem para todas as zonas climáticas de inverno ao nível das referidas necessidades de aquecimento,  $N_{ic}$ , o que leva incondicionalmente ao surgimento de condições não regulamentares na estação de arrefecimento.

#### **4.15.3. Influência da quantificação das PTP no desempenho térmico da habitação**

Dada a necessidade de definir a solução estrutural da habitação, presente na Figura 23, optou-se pela consideração de elementos estruturais com configurações e dimensões que conferissem ao edifício estabilidade e segurança do ponto de vista estrutural, mas também houve sempre o cuidado de que estes elementos minimizassem os impactos causados nas trocas de calor ocorridas entre o interior da habitação e o meio exterior. Estes elementos em betão armado, material caracterizado pela sua condutibilidade térmica elevada, originando coeficientes de transferência térmica superficial normalmente mais altos do que os restantes elementos da envolvente exterior, provocam muitas das vezes diferenciais na transferência de calor pela envolvente da habitação, dando origem a problemas de conforto, salubridade e ambientais.

Com o intuito de minimizar os problemas referidos no parágrafo anterior, salienta-se o especial cuidado em implantar os pilares em zonas onde existem paredes interiores, bem como, no espaço exterior da habitação, como é o caso do pilar localizado na fachada orientada a sul, que se encontra imediatamente a seguir aos vãos envidraçados da sala de estar, com se pode verificar na Figura 12, a envolvente térmica é definida pelos vãos envidraçados e não pelo pilar em si. Também na implantação das vigas foram tidos os cuidados necessários para que se minimizasse ao máximo as áreas de ponte térmicas planas. Porém, nem sempre se verificou a possibilidade de extinguir estas zonas de ponte térmica, pelo que, se pretende com esta análise, quantificar e comparar a influências destes elementos nas trocas de calor da habitação com o meio ambiente que a rodeia.

Como apresentado anteriormente, no ponto referente à metodologia de cálculo, de acordo com o REH, as pontes térmicas planas, têm influência, para a estação de aquecimento, ao nível da transferência de calor por transmissão global,  $Q_{tr,i}$ , pois contribuem para o aumento do valor do coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior,  $H_{ext}$ , o que posteriormente provocará alterações também nas necessidades brutas de aquecimento, bem como, as necessidades nominais de energia útil,  $N_{ic}$ .

Assim, os valores obtidos pela contribuição destas áreas como pontes térmicas planas, assim como os valores obtidos pelas restantes contribuições, encontram-se apresentados na Tabela 98.

**Tabela 98 - Análise das contribuições das pontes térmica planas na estação de aquecimento**

Contribuições	Área [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> .°C]	$H_{ext}$ [W/°C]	$H_{tr,i}$ [W/°C]	$Q_{tr,i}$ [kWh]
Paredes Exteriores	128,43	0,45	57,79	57,79	1547,91
Pontes Térmicas Planas	8,23	0,83	6,83	6,83	182,97
Restantes contribuições	-	-	334,05	427,55	11451,37
Total	-	-	398,67	492,17	13182,25

Na estação de arrefecimento sabe-se que as pontes térmicas planas influenciam o valor das perdas por transmissão térmica,  $Q_{tr,v}$ , através do aumento do coeficiente de transferência de calor através de elementos da envolvente em contacto com o exterior,  $H_{ext}$ , mas também influenciam os ganhos solares provenientes pela envolvente opaca, levando ao aumento dos ganhos solares globais, nesta estação,  $Q_{sol,v}$ .

Os valores das contribuições térmicas originadas pela existência de pontes térmicas planas, encontram-se representados na Tabela 99.

**Tabela 99 - Análise das contribuições das pontes térmica planas na estação de arrefecimento**

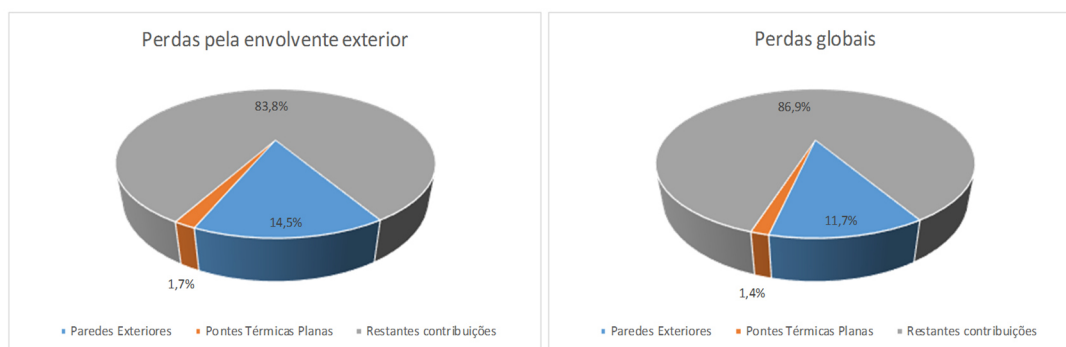
Contribuições	Área [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> .°C]	$H_{ext}$ [W/°C]	$H_{tr,v}$ [W/°C]	$Q_{tr,v}$ [kWh]	$Q_{sol,v}$ Envolvente opaca [kWh]	$Q_{sol,v}$ Totais [kWh]
Paredes Exteriores	128,43	0,45	57,79	57,79	1547,91	360,96	360,96
Pontes Térmicas Planas	8,23	0,83	6,83	6,83	182,97	42,24	42,24
Restantes contribuições	-	-	334,05	427,55	11451,37	886,02	5039,77
Total	-	-	398,67	492,17	13182,25	1289,21	5442,96

Ao nível das necessidades energéticas, que se apresentam na Tabela 100, as diferenças originadas pela consideração da existência de pontes térmicas planas, assim como a inexistência destas soluções construtivas como elementos da envolvente da habitação, através da substituição por paredes exteriores, ou seja, zonas correntes.

**Tabela 100 – Análise das alterações das necessidades energéticas, provocadas pela existência de pontes térmicas planas**

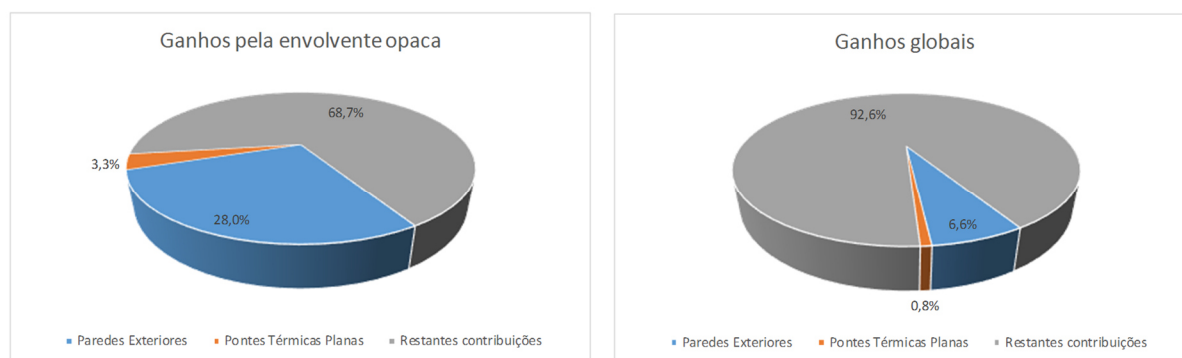
Considerações	$N_{ic}$ [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	$N_{vc}$ [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	$N_{tc}$ [kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano)]
Com PTP	33,47	9,11	51,08
Sem PTP	33,07	9,20	50,70

De acordo com a representação gráfica da análise percentual, expressa na Figura 38, pode constatar-se que para o presente caso de estudo, tendo em conta o dimensionamento dos diferentes elementos construtivos, as pontes térmicas planas são responsáveis, na estação de aquecimento, por 1,7% das perdas térmicas existentes na envolvente exterior e 1,4 % das perdas globais da habitação.



**Figura 38 - Representação gráfica das perdas térmicas presentes na habitação em estudo**

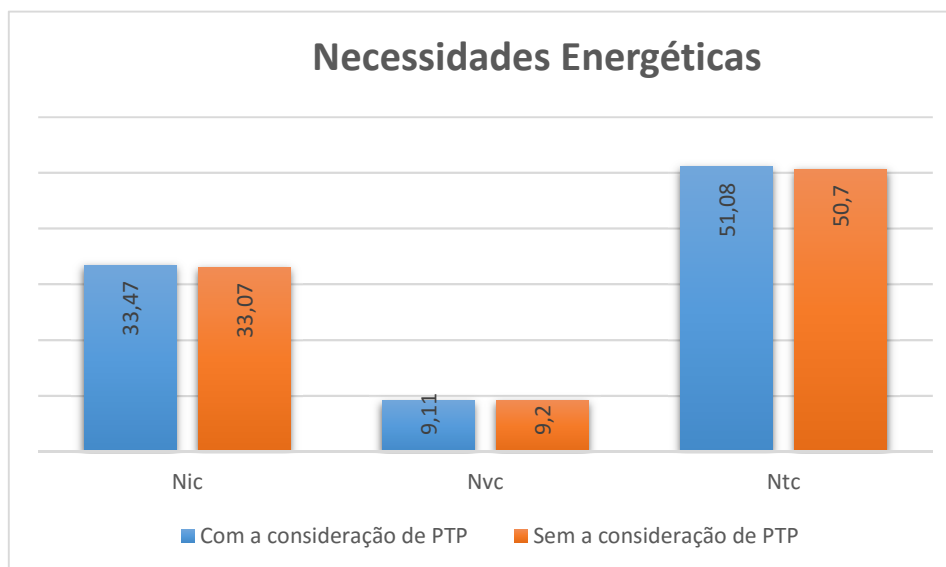
No caso da estação de arrefecimento, conclui-se que as perdas originadas pelas pontes térmicas planas são idênticas à estação de arrefecimento, no entanto, para esta estação os ganhos térmicos também devem ser considerados, pelo que se verifica, conforme a Figura 39, que as pontes térmicas planas são responsáveis por 3,3% dos ganhos térmicos provenientes pela envolvente opaca e apenas 0,8% dos ganhos térmicos globais existentes nesta habitação.



**Figura 39 - Representação gráfica dos ganhos térmicos presentes na habitação em estudo**

Ao nível das necessidades energéticas, comprova-se, através da Figura 40, que a consideração de zonas correntes da envolvente, ou seja, paredes exteriores, em vez de zonas de pontes térmicas planas, levam à redução de cerca de 1,2% das necessidades nominais de energia útil para aquecimento, e por consequência, o aumento das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento em cerca de 1%, passando estas a deixar de verificar as imposições regulamentar. Estas alterações devem-se, uma vez mais, à consideração de diferentes coeficientes de transmissão térmica superficial, uma vez que as paredes exteriores possuem maior resistência térmica que os pilares ou as vigas que constituem as zonas de ponte térmica plana.

Constata-se ainda que através das alterações consideradas, existe uma redução de cerca de 0,7% em relação às necessidades de energia primária.



**Figura 40 - Necessidades energéticas resultantes da consideração de zonas de PTP**

Conclui-se, portanto, que de uma forma geral, as zonas de ponte térmica plana existentes para esta habitação não se revelam com contributos significativos, uma vez que as implicações no desempenho causadas pela existência destas zonas são bastante reduzidas.

Salienta-se ainda, que tal conclusão pode ter sido influenciada pelo facto de todas a estrutura terem sido dimensionadas por forma a minimizar os impactos causados pela existência de zonas de pontes térmicas.

Contudo, importa referir que as PTP devem estar sujeitas a imposições regulamentares do seu coeficiente de transmissão, U. Desta forma procura-se diminuir a probabilidade de ocorrerem situações de condensações, com implicações ao nível da qualidade do ar interior e com custos associados à sua reparação. No entanto, o estudo da estrutura, a medição das suas áreas e os cálculos dos diferentes coeficientes de transmissão térmica implicam algumas horas de trabalho, levando a um contributo, nas duas estações climáticas, residual para o desempenho térmico, podendo-se questionar a importância da sua contabilização para o balanço energético da habitação.





## 5. Conclusões

O desenvolvimento desta dissertação permitiu realizar um estudo das implicações originadas pela recente alteração dos parâmetros necessários à aplicação do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e verificar de que forma é que esta influenciou os valores obtidos em relação às necessidades energéticas para climatização e preparação de AQS de uma habitação unifamiliar, na estação de aquecimento, arrefecimento e as necessidades de energia primária.

Através de diferentes simulações, constatou-se que a entrada em vigor da Portaria 379-A/2015, de 22 de outubro, implica num aumento generalizado da espessura da camada de isolamento existente na envolvente opaca, por forma a reduzir o seu coeficiente de transmissão térmica,  $U$ .

Estas implicações construtivas traduzem-se em vantagens na estação de aquecimento, porém, desvantagens na estação de arrefecimento. O comportamento térmico na estação de aquecimento apresenta-se com melhorias significativas, uma vez que as transferências térmicas ocorridas através da envolvente da habitação são inferiores, resultando no decréscimo, em cerca de 32% da energia primária necessária para aquecimento. No entanto, na estação de arrefecimento o desempenho térmico da habitação é pior, correndo o risco de facilmente passar a não ser regulamentar, por apontar valores do indicador  $N_{vc}$  muito

próximos do limite legal,  $N_v$ . Tal situação ocorre devido às alterações dos coeficientes U, e por isso, uma redução das perdas térmicas ocorridas na envolvente da habitação. Conclui-se, portanto, que quanto menor for o coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente do edifício, melhor será o seu desempenho térmico no inverno, porém, pior no verão.

No segundo estudo realizado nesta dissertação conclui-se que as diferentes zonas climáticas existentes em Portugal implicam diferentes imposições legais quanto aos coeficientes de transmissão máximos que os elementos da envolvente podem ter. O que faz todo o sentido, uma vez que os dados climáticos variam consoante a localização e altitude a que a habitação se encontra, no entanto, constatou-se que as exigências impostas pela legislação em vigor a partir de 2016 são deveras rigorosas, pois, a solução inicialmente definida, cumpre com os valores máximos do indicador  $N_i$  para as restantes zonas climáticas mais exigentes do que esta. No caso das zonas climáticas mais rigorosas para a estação de arrefecimento verificou-se a necessidade de se alterar os dispositivos de proteção solar, com o intuito de se diminuir os ganhos solares pelos envidraçados e por sua vez reduzir as necessidades de arrefecimento. Contudo, estas implicações levam a um melhoramento generalizado no comportamento térmico da habitação, resultando numa diminuição das necessidades de energia primária.

Procurou-se também perceber de que forma as pontes térmicas planas influenciariam o desempenho térmico da habitação, que neste caso de estudo se revelaram residuais, o que leva ao levantamento de dúvidas em relação à necessidade de se contabilizarem estas zonas irregulares da envolvente opaca, para o balanço energético da habitação.

Como desenvolvimentos futuros, julga-se que seria interessante a realização de um estudo que procurasse, através de várias simulações, em várias habitações, com diferentes soluções construtivas, aferir o coeficiente de transmissão térmica que a envolvente opaca deve assumir para que se verifiquem melhorias no desempenho dos vários indicadores energéticos.





## *Referências Documentais*

- Adene. (2013). Lei n.º 58/2013 : Requisitos de acesso e de exercício da atividade de perito qualificado. *Diário Da República*, 159, 4923–4926.
- ADENE. (2016a). ADENE. Retrieved May 20, 2016, from <http://www.adene.pt/>
- ADENE. (2016b). Indicadores - ADENE -- Agência para a energia. Retrieved May 20, 2016, from <http://www.adene.pt/indicadores>
- Decreto-Lei n.º 118/2013. (2013). *Diário Da República*, 1.ª Série — N.º 159 — 20 de Agosto de 2013. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 194/2015. (2015). *DDiário Da República*, 1.ª Série — N.º 179 — 14 de Setembro de 2015. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 251/2015. (2015). *Diário Da República*, 1.ª Série — N.º 231 — 25 de Novembro de 2015. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 28/2016. (2016). *Diário Da República*, 1.ª Série — N.º 119 — 23 de Junho de 2016. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 40/1990 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). (1990). *Diário Da República*, 1.ª Série — N.º 31 — 08 de Fevereiro de 1990. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 53/2014. (2014). *Diário Da República*, 1.ª Série — N.º 69 — 8 de Abril de 2014. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 68-A/2015. (2015). *Diário Da República*, 1.ª Série — N.º 84 — 30 de Abril de 2015. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 78/2006 - Sistema Nacional de Certificação Energética e de Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE). (2006). *Diário Da República*, 1.ª Série — A — N.º 67 — 4 de Abril de 2014. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 79/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). (2006). *Diário Da República*, 1.ª Série — A — N.º 67 — 4 de Abril de 2014. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 80/2006 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos

- Edifícios (RCCTE). (2006). *Diário Da República, 1.ª Série — A — N.º 67 — 4 de Abril de 2014*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013. (2013). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 234 — 3 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Despacho n.º 3156/2016. (2016). *Diário Da República, 2.ª Série — N.º 42 — 1 de Março de 2016*. Lisboa.
- Diretiva 2002/91/CE - Desempenho energético dos edifícios. (2002). *Jornal Oficial Das Comunidades Europeias*.
- Diretiva 2010/31/UE - Desempenho energético dos edifícios. (2010). *Jornal Oficial Da União Europeia*.
- EN ISO 10211:2007 - Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations. (2007). *International Organization for Standardization (ISO)*.
- EN ISO 13370:2007 - Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground -

- Calculation methods. (2007). *International Organization for Standardization (ISO)*.
- EN ISO 13789:2007 - Thermal performance of buildings - Transmission and ventilation heat transfer coefficients - Calculation method. (2007). *International Organization for Standardization (ISO)*.
- EN ISO 14683:2007 - Thermal bridges in building construction - Linear thermal transmittance - Simplified methods and default values. (2007). *International Organization for Standardization (ISO)*.
- Freitas, V. P. de. (2016). Os novos coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis são aceitáveis para a reabilitação. *Revista Técnica Energia*.
- Guia de utilização do software SCE.ER. (2016). DGEG. Retrieved from <http://www.dgeg.pt/>
- INE, & DGEG. (2011). Inquerito ao consumo de energia doméstico 2010, 117. Retrieved from [https://www.ine.pt/ngt\\_server/attachfileu.jsp?look\\_parentBoui=127228533&att\\_display=n&att\\_download=y](https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=127228533&att_display=n&att_download=y)
- Moita, F. (2009). Vantagens da Arquitectura Solar Passiva. *Verlag Dashofer*. Retrieved from <http://blog.dashofer.pt/bau/vantagens-da-arquitectura-solar-passiva>
- Neto, T. C. (2015). Apointamentos teóricos da unidade curricular “Tecnologia das Construções.” *Instituto Superior de Engenharia Do Porto*. Porto.
- Pinto, A. (2002). Comportamento térmico de caixilharia exterior. Coeficientes de transmissão térmica referentes ao mercado nacional. Lisboa: LNEC.
- Pinto, A. (2014). Aplicação LNEC para ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa.
- Portaria n.º 349-A/2013. (2013). *Diário Da República, 1.ª Série — N.º 232 — 29 de Novembro de 2013*. Lisboa.
- Portaria n.º 349-B/2013. (2013). *Diário Da República, 1.ª Série — N.º 232 — 29 de Novembro de 2013*. Lisboa.
- Portaria n.º 349-C/2013. (2013). *Diário Da República, 1.ª Série — N.º 233 — 2 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Portaria n.º 349-D/2013. (2013). *Diário Da República, 1.ª Série — N.º 233 — 2 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Portaria n.º 353-A/2013. (2013). *Diário Da República, 1.ª Série — N.º 235 — 4 de Dezembro de 2013*. Lisboa.
- Portaria n.º 379-A/2015. (2015). *Diário Da República, 1.ª Série — N.º 207 — 22 de Outubro*



de 2015. Lisboa.

Portaria n.º 461/2007. (2007). *Diário Da República*, 2.<sup>a</sup> série—N.º 108—5 de Junho de 2007. Lisboa.

Portaria n.º 701-H/2008. (2008). *Diário Da República*, 1.<sup>a</sup> Série — N.º 145 — 29 de Julho de 2008. Lisboa.

Santos, C. A. P., & Matias, L. (2006). Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios. *ICT Informação Técnica - Edifícios - ITE 50*. Lisboa: LNEC.

Solterm - Análise de desempenho de sistemas solares. (2015). LNEC. Retrieved from <http://www.lneg.pt/iedt/projectos/370/>

Sousa, J. M. (2015). Apontamentos teóricos da unidade curricular “Tecnologia das Construções.” *Instituto Superior de Engenharia Do Porto*. Porto.

## Anexo A. Ficha Técnica – CUPOLEX





## Ficha Técnica

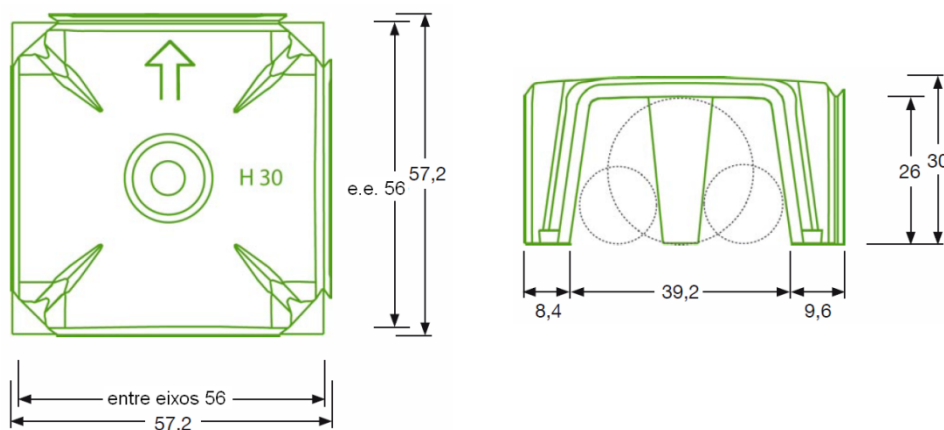
Referência: Cupolex 30  
Código de produto: 51.05  
Ref. do documento: FT/51.05/v01  
Data de emissão: 28/SET/11  
Página: 1/2



### CUPOLEX 30

- Produto:** Elemento de cofragem perdida em polipropileno (PP) reciclado, parte do Sistema Cupolex.
- Finalidade:** Execução de pavimentos térreos ou enchimentos formando uma caixa-de-ar ventilada com reduzido consumo de betão.
- Vantagens:** Execução de pavimentos ventilados através de um processo célere e adaptável a qualquer geometria que permite a eliminação do gás cancerígeno Rádón, eliminar humidades ascendentes e melhorar o comportamento térmico com recursos a menos betão, aço e outros recursos naturais. Execução de enchimentos ventilados e leves.
- Características:** O CUPOLEX 30 destina-se á execução de pavimentos de altura total igual ou superior a 0.35m. Na tabela seguinte encontram-se os principais parâmetros:

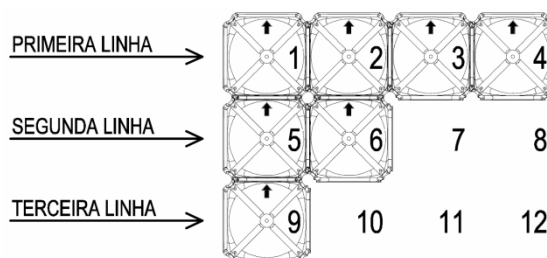
Largura Total	Largura Útil	Altura Total	Altura do Vazio	Unidades por m <sup>2</sup>	Φ1	Φ2
cm	cm	Cm	cm	-	mm	mm
57.2	56.0	30.0	26.0	3.19	250	145



**Consumo de Betão : 0.042m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>**

### Montagem:

A montagem de um piso Cupolex faz-se de forma simples e com reduzido encargos de mão-de-obra, a montagem faz-se da esquerda para a direita e de cima para baixo considerando a seta gravada no molde para cima, certificando-se do encaixe dos pés.



### Fornecimento:

Os módulos Cupolex são fornecidos em paletes envoltos em película de celofane. Os valores expressos na seguinte tabela devem ser entendidos como indicativos.

Dimensão da Palete	Número de Peças	Quantidade por palete	Peso por Palete
cm	-	m <sup>2</sup>	Kg
120 X 120 X 192	319	100	475

### Utilização:

Manusear com precaução utilizando luvas de segurança, e evitando impactos. Consulte instruções específicas para utilização sob temperaturas inferiores a 0° ou superiores a 35°. Em caso de inutilização os módulos Cupolex são totalmente recicláveis.

### Capacidade:

A capacidade resistente do sistema Cupolex a seco foi testada de forma a garantir a circulação de pessoas, equipamentos e materiais durante a sua montagem. Os valores dos testes realizados incluem cargas sobre a cúspide e lateralmente garantindo em qualquer situação a resistência necessária a uma carga de 150kg. Para mais informações sobre os ensaios realizados consulte-nos.

### Dimensionamento:

O quadro seguinte mostra os valores recomendados para situações correntes de utilização das lâminas de compressão e armaduras. Os valores indicados reportam-se a cargas uniformemente distribuídas, betão da classe C25/30, coeficiente de Winkler  $k_w=0.02\text{N/mm}^3$  e 10 cm de betão de limpeza sobre camada de terreno compactada.

Ocupação	Carga Permanente Kg/m <sup>2</sup>	Sobrecarga Kg/m <sup>2</sup>	Espessura da lâmina mm	Armadura mínima
Estacionamento	100	300	40	#Φ6//0.25
Habitação	400	200	50	#Φ6//0.20
Escritórios	200	300	50	#Φ6//0.20
Indústria	300	1200	60	#Φ8//0.20

A Ferca não assume a responsabilidade por erros do presente documento e reserva-se o direito de o alterar sem pré-aviso.

## Anexo B. Ficha Técnica – Portas



## Defina aspetos elegantes



### **Modelo 010**

Ilustração: Cor standard branco tráfego acetinado, RAL 9016

Puxador em aço inox HB 14-2 com interior em aço, valor  $U_D$  até  $0,87 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^*$

#### **Peça lateral / claraboia**

Visor isolante triplo, exterior VSG (vidro laminado de segurança), no centro Float, interior VSG (vidro laminado de segurança)



### **Modelo 015**

Ilustração: Cor standard branco tráfego acetinado, RAL 9016

Puxador em aço inox HB 14-2 com interior em aço com canelados, valor  $U$  até  $0,87 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^*$

#### **Peça lateral / claraboia**

Visor isolante triplo, exterior VSG (vidro laminado de segurança), no centro Float, interior VSG (vidro laminado de segurança)



## Porta corta-fogo e de segurança WAT

Para a ligação da garagem com a área habitacional



A WAT, devido à sua função de segurança e corta-fogo de série, é a escolha perfeita para a passagem da garagem diretamente para a área habitacional como p. ex. o corredor de entrada. Para além disso, devido à sua folha de porta no modelo de batente grosso e devido às inúmeras possibilidades de cor e superfície, ajusta-se de forma perfeita às portas de interior da sua casa.



## Breve descrição do produto

### Anti-intrusão

★ ★ ★ ★ ★

### Isolamento térmico

★ ★

### Isolamento acústico

★ ★

### Retardante de fogo

★ ★ ★ ★ ★

### Resistência ao uso

★ ★ ★ ★ ★

### Resistência à deformação

★ ★ ★ ★ ★

**Porta de interior para**  
a passagem da garagem  
para a área habitacional

### Elemento de porta pronto para ser montado

Folha de porta e aro,  
galvanizados e lacados  
em branco tráfego  
(semelhante à RAL 9016).

### 1 Batente

**T30 Retardante de fogo**  
de acordo com a DIN EN 1634

**Proteção anti-fumo**  
de acordo com a DIN 18095  
com fecho superior de porta  
opcional e vedação de solo

**Resistência à intrusão RC 2**  
de acordo com a DIN EN V 1627

**Isolamento térmico\***  
 $U_D = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

**Insonorizada\***  
de acordo com a DIN 52210  
Rw aprox. 38 dB

\* Somente em ligação com aro angular



**Cores e superfícies** Página 21  
**Resumo das dimensões** Página 24

### Robusta e funcional

A WAT dispõe de uma folha de porta com painel duplo no modelo de batente grosso com inserção colada em toda a área, bem como chapa em aço de ambos os lados e, desta forma, é sobretudo robusta. Devido às dobradiças ajustáveis a três dimensões e às selagens de 3 lados é sempre garantida a funcionalidade e a estanquicidade da porta.

### Segurança e proteção corta-fogo de série

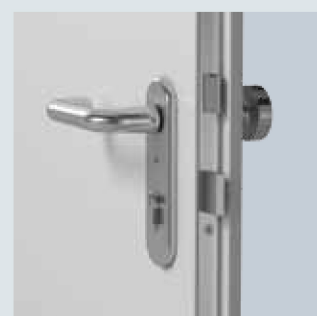
O bloqueio múltiplo da WAT com jogo de puxadores de segurança protegido contra perfurações e 3 pinos em aço contra o levantamento garante-lhe um elevado padrão de segurança. Em conjunto com a função corta-fogo, que aguenta um incêndio pelo menos durante 30 minutos, a WAT é a opção perfeita, se a proteção corta-fogo e a segurança forem igualmente importantes para si.

### Diversas superfícies

A Hörmann propõe a WAT com diversas superfícies, p. ex. no modelo Decograin. Graças a esta imagem de madeira natural e bela, a porta fica em harmonia com as portas da sua zona habitacional.



Folha de porta robusta no modelo de batente grosso



Jogo de puxadores de segurança protegido contra extrações e aberturas por perfuração



Dobradiças rolantes ajustáveis a três dimensões para função leve da porta



Os pinos maciços em aço no lado das dobradiças protegem contra o levantamento



## Anexo C. Ficha Técnica – Vidros





<http://www.saint-gobain-glass.com>



[www.sggclimalitdata.com](http://www.sggclimalitdata.com)

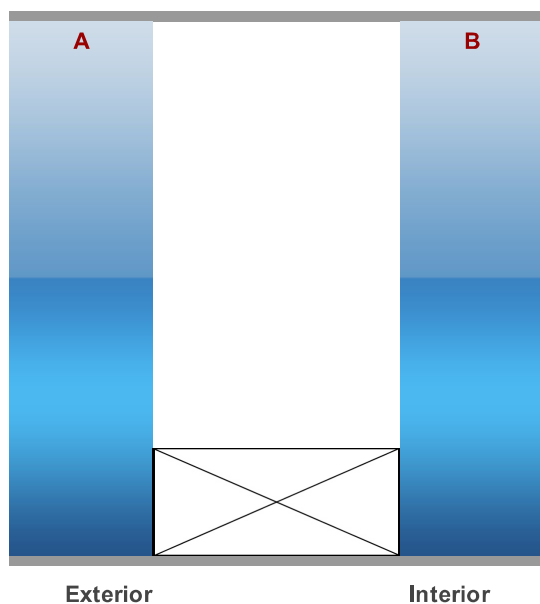
Referências do projecto

### Parâmetros de selecção

Transmissão Luminosa (TI - %): **77**  
Factor solar (g): **0.23**

Coefficiente U (W/m<sup>2</sup>.k): **1.62**  
Câmara: **Ar Tratado**  
Espessuras: **Todas**

### Composição do vidro



### SGG CLIMALIT PLUS 4S

vidro duplo conforto 4 estações

[ A ] Vidro Exterior

SGG PLANISTAR ONE (6mm de espessura)

SGG PLANISTAR ONE é um vidro incolor com uma capa que caracteriza-se por uma dupla propriedade:baixa emissividade e controlo solar,SGG PLANICLEAR é um vidro float incolor

[ B ] Vidro Interior

SGG PLANICLEAR (6mm de espessura)

SGG PLANISTAR ONE é um vidro incolor com uma capa que caracteriza-se por uma dupla propriedade:baixa emissividade e controlo solar,SGG PLANICLEAR é um vidro float incolor

[C] Câmara: Ar Tratado (10mm de espessura)

### Factores luminosos

Transmissão Luminosa (TI - %): **71**  
Reflexão Luminosa Exterior (Rle - %): **14**

Transmissão Ultra Violetas (Tuv - %): **23**  
Índice de Selectividade (I.S.): **1,87**

### Factores energéticos

Transmissão Energética (Te - %): **35**  
Absorção Energética 1 (Ae1 - %): **28**  
Absorção Energética 2 (Ae2 - %): **1**  
Factor solar (g): **0,38**

Coefficiente U com Ar (W/m<sup>2</sup>.k): **1,7**  
Em opção  
Coefficiente U com Argon (W/m<sup>2</sup>.k): **1,4**

### Factores acústicos

Atenuação Acústica (Rw - db): **29 (-1;-4)**

### Notas técnicas

1. As espessuras deverão estar de acordo com o Regulamento das Acções R.S.A.E.P.
2. As dimensões de fabricação deverão seguir as recomendações do Glossário.
3. O local de aplicação dos produtos e composições, bem como o respectivo sistema de montagem podem tornar necessária a utilização de vidro temperado.

### Notas legais

Esta base de dados (Climalit Data) apresenta valores técnicos calculados pelo Calumen, para produtos e composições Saint Gobain Glass. Os resultados apresentados são válidos quer para vidro recozido, quer para vidro temperado, embora sejam diferentes as respectivas resistências mecânicas e térmicas.

## Anexo D. Ficha Técnica – Caixilhos

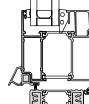
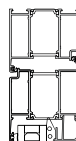
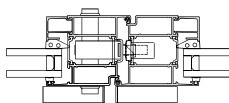
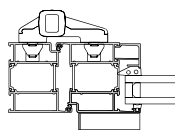




## THERMO 74



SISTEMA DE BATENTE



Sistema de porta de entrada, com 74mm de profundidade e ruptura de ponte térmica, vocacionado para vãos de grandes dimensões e utilização intensiva. A poliamida reforçada com fibra de vidro, de 30mm, assegura uma perfeita solidez e resistência mecânica ao conjunto, conferindo-lhe simultaneamente excelentes propriedades térmicas e acústicas. O sistema Thermo 74 apresenta-se como um produto de qualidade, permitindo a construção de portas com dimensões generosas e peso até 140kg por folha, assegurando grande luminosidade natural, representando uma mais-valia para projectos onde se procure um compromisso de solução técnica e funcional.

Enchimentos	
20mm	a
50mm	

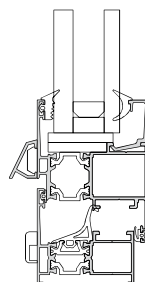
CE



## PRO50



SISTEMA DE BATENTE



Sistema de janelas de batente com ruptura de ponte térmica de desempenho reforçado, que permite uma maior economia de energia a um preço competitivo. O sistema PRO50 alia eficiência térmica, isolamento acústico e funcionalidade, originando um sistema de batente muito competitivo, capaz de dar resposta efectiva às necessidades económicas do mercado da reabilitação ou construção nova.

Enchimentos	
18mm	a
44mm	

CE

Resultados de ensaios	
Permeabilidade ao Ar	Classe 4
Estanquidade à Água	Classe E1200
Resistência ao Vento	Classe C5
Eficiência Térmica	$U_g = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
	$U_{gw} = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}^*$

Nota: Ensaios obtidos em organismo notificado n° 1698, relatório n° 227640, n° 227641 e n° 227642. Caixa-lho com 1400x1200mm(LxH) \* $U_g = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$



## BZi Solução Base e Oculto

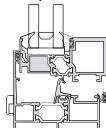
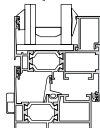


SISTEMA DE BATENTE



Solução Base

Solução Oculto



### Solução Base

Enchimentos	
Bites rectos	18mm a 52mm
Bites curvos	18mm a 45mm

CE

Resultados de ensaios	
Permeabilidade ao Ar	Classe 4
Estanquidade à Água	Classe E1050
Resistência ao Vento	Classe C5
Eficiência Térmica	$U_g = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
	$U_{gw} = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}^*$
Comportamento acústico	$RW = 38 \text{ dB}(-1, -4)$

Nota: Resultados obtidos em ensaios em organismo notificado n°1239, relatório n°23381 e n°23382. Caixa-lho com 2400x1400(LxH) \* $U_g = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

### Solução Oculto

Enchimentos	
26mm	a
32mm	

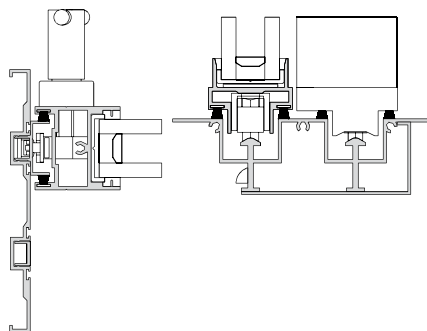
CE

Resultados de ensaios	
Permeabilidade ao Ar	Classe 3 e 4
Estanquidade à Água	Classe E900
Resistência ao Vento	Classe C3 e C5
Eficiência Térmica	$U_g = 3,7 \text{ e } 5,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
	$U_{gw} = 2,0 \text{ e } 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}^*$
Comportamento acústico	$RW = 34 \text{ dB}(-1, -4)$

Nota: Resultados obtidos em ensaios em organismo notificado n°1239, relatório n°25320. Caixa-lho com 2400x1400(LxH) \* $U_g = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Sistema com ruptura de ponte térmica vocacionado para o mercado da construção de qualidade e renovação, baseado sobretudo num estilo moderno onde predominam superfícies lisas e ângulos rectos, embora contemple também um módulo complementar com formas curvas e enquadradas na arquitectura tradicional portuguesa. A solução Oculta apresenta uma vista reduzida de alumínio com folha oculta. A folha móvel está oculta no aro fixo, maximizando as áreas envidraçadas através de moldura mínima de alumínio.





O sistema de correr Slimslide by Souto Moura é vocacionado para projectos de arquitectura que contemplam vãos de grande amplitude, com uma vista reduzida de alumínio. A resistência mecânica é assegurada pela concepção geométrica dos elementos e pela solidez do conjunto alumínio-vidro que advém do processo de colagem. É específico para portas de grande dimensão, onde se alia a economia de energia, isolamento térmico e acústico.



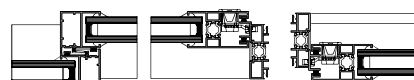
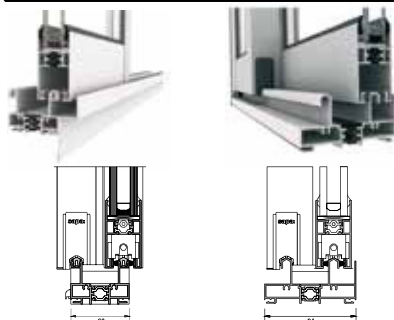
Enchimentos
32mm

Resultados de ensaios	
Permeabilidade ao Ar	Classe 3
Estantiquidade à Água	Classe 5B
Resistência ao Vento	Classe B5
Eficiência Térmica	$U_g=10,0W/m^2K$ $U_{gw}=2,3W/m^2K^*$
Comportamento acústico	$RW=30dB(-1,-1)$

**Nota:** Resultados obtidos em ensaios em organismo notificado n°1239, relatório n°20620, n°20520-4 e n° 20686-4.  
Caixilho com 3000x2400(LxH)  
 $U_g=1,4W/m^2K$



## Softslide Solução 60 e 94



Enchimentos
22mm a 28mm



Resultados de ensaios Softslide 60	
Permeabilidade ao Ar	Classe 4
Estantiquidade à Água	Classe 4A
Resistência ao Vento	Classe B4
Eficiência Térmica	$U_g=4,6W/m^2K$ $U_{gw}=2,1W/m^2K^*$
Comportamento acústico	$RW=30dB(-1,-2)$

**Nota:** Ensaios obtidos em organismo notificado n° 1239, relatório n°140-1 e n°141.  
Caixilho com 2400x2400(LxH).  
 $U_g=1,4W/m^2K$

Enchimentos
22mm a 28mm



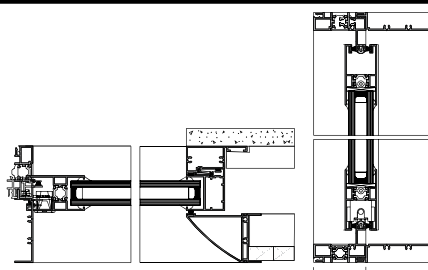
Resultados de ensaios Softslide 94	
Permeabilidade ao Ar	Classe 4
Estantiquidade à Água	Classe 7A
Resistência ao Vento	Classe B5
Eficiência Térmica	$U_g=4,6W/m^2K$ $U_{gw}=2,1W/m^2K^*$
Comportamento acústico	$RW=30dB(-1,-2)$

**Nota:** Resultados obtidos em ensaios em organismo notificado n°1239, relatório n°263360, n°26337, n°26338 e n°26387.  
Caixilho com 2600x2400(LxH).  
 $U_g=1,4W/m^2K$

Sistema de janelas de correr com ruptura de ponte térmica particularmente vocacionado para projectos de reabilitação, com desempenho térmico melhorado que permite uma maior economia de energia. Apresenta capacidade para receber vidros até 28mm de espessura e um sistema de encaixe para perfis de remate ao vão, especialmente indicado para obras de reabilitação urbana. Combina isolamento térmico e acústico de nível superior com eficiência, leveza, design e funcionalidade, tornando-se o sistema de correr com a melhor competência técnica de resposta às necessidades do mercado residencial. Disponível com aro fixo de 60mm e de 94mm.



## Softslide Galandage



Enchimentos
22mm a 28mm



Resultados de ensaios	
Permeabilidade ao Ar	Classe 4
Estantiquidade à Água	Classe 4A
Resistência ao Vento	Classe B4
Eficiência Térmica	$U_g=4,6W/m^2K$ $U_{gw}=2,2W/m^2K^*$
Comportamento acústico	$RW=30dB(-1,-2)$


**Nota:** Resultados obtidos em ensaios em organismo notificado n°1239, relatório n°140-1 e n°141.  
Caixilho com 1200x2400(LxH)  
 $U_g=1,4W/m^2K$

Solução de janelas monorail de correr com ruptura de ponte térmica com ocultação da folha móvel na parede, originando uma abertura total para o exterior e uma maior optimização do espaço. Sendo uma solução especialmente vocacionada para arquitectura contemporânea mais diferenciadora, pode tornar-se bastante atractivo para a reabilitação de edifícios na medida em que o trabalho de revestimento da parede para ocultação de folhas móveis pode simultaneamente ser usado na recuperação da parede que oculta a folha, recorrendo a processos construtivos mais recentes (por exemplo, Pladur para o interior ou capoto para o exterior). O sistema permite a aplicação de uma ou duas folhas no mesmo rail.



## Anexo E. Aplicação LNEC – Ventilação REH e RECS



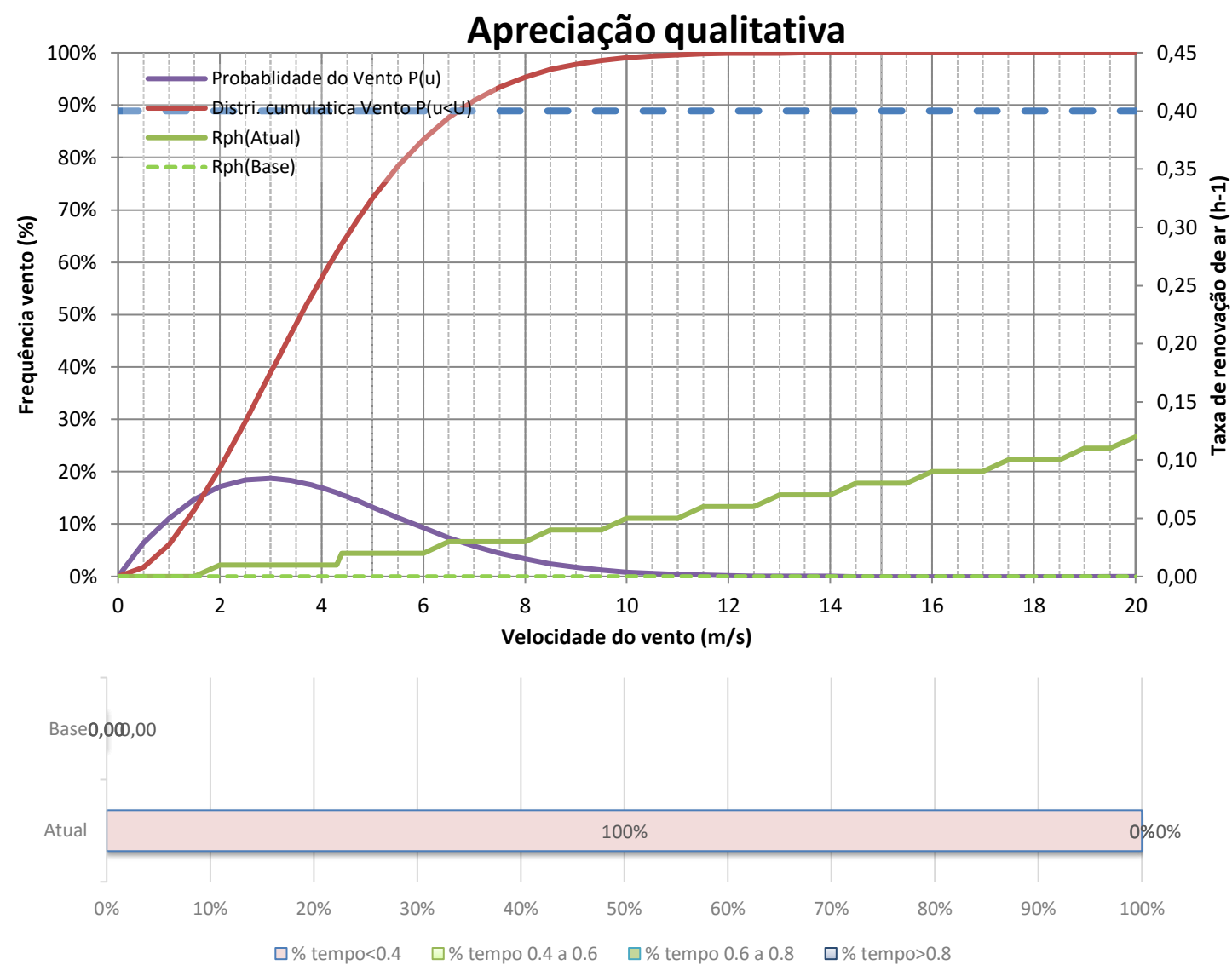
<div><div></div><div>LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL</div></div>	<div>Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS</div>	<div>Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto. apinto@lnec.pt</div> <div>Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.</div>
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v2.0a, 2014-02-12		
1. Enquadramento do edifício		
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação	Área útil (m2): 184,3
Local (município)	VILA NOVA DE GAIA	Pd (m): 2,64
Região	B	N.º de pisos da fração 1
Rugosidade	II	Velocidade vento Defeito REH
Altitude do local (m)	10	Vento (u10REH: 3,94) (m/s)
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vol (m3): 486
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não	Texterior (°C) 10,5
Altura do edifício (Hedif) em m	3	Zref (m) 94
Altura da fração (HFA) em m	3	Aenv/Au: 39%
		Proteção do edifício: Desprotegido
		Zona da fachada: Inferior
		0,62
2. Permeabilidade ao ar da envolvente		
Foi medido valor n50	Não	
Para cada Vão (janela/porta) ou grupo de vãos:	Janelas	Portas
Área dos vãos (m2)	64,47	6,8
Classe de permeabilidade ao ar caix (janelas/portas)	4	4
Permeabilidade ao ar das caixas de estore	Não tem	Não tem
3. Aberturas de admissão de ar na envolvente		
Tem aberturas de admissão de ar na envolvente	Sim	
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa Auto-regulável a 10 Pa Auto-regulável a 20 Pa
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)	750	0 0 0
4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta		
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Não	Não
Escoamento de ar		
Perda de carga		
Altura da conduta (m)		
Cobertura		
Número de condutas semelhantes		
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado		
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não	
Escoamento de ar		
Caudal nominal (m3/h)		
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento		
Pressão total (Pa)		
Rendimento total do ventilador(%)		
Tem sistema de recuperação de calor		
Rendimento da recuperação de calor (%)		
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)		
Existem meios híbridos	Não	
Escoamento de ar		
Caudal nominal (m3/h)		
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento		
Pressão total (Pa)		
Rendimento total do ventilador(%)		
7. Verão - Recuperador de calor		
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão		
8. Resultados		
8.1 - Balanço de Energia - Edifício		
Rph,i (h-1) - Aquecimento	0,50	
Rph,v (h-1) - Arrefecimento	0,60	
Wvm (kWh)	0,0	
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência		
Rph,i REF (h-1)	0,50	
8.3 - Caudal mínimo de ventilação		
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,50	
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40	
Critério Rph mínimo	Satisfatório	
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.		
Técnico: Luís Lemos		
Data: 09/07/2016		



**Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)**

### 1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar

(Ajuda)



Atual: Rph,i=0.03 Rphmedio=0.02 Rphtermica=0.00  
Base: Rph,i=0.00 Rphmedio=0.01 Rphtermica=0.00

Rph<0.4:100%; 0.4 a 0.6:0%; 0.6 a 0.8:0%; >0.8:0%

Rph<0.4:100%; 0.4 a 0.6:0%; 0.6 a 0.8:0%; >0.8:0%

## 2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50)

(Ajuda)

**Janelas:**

Classe de permbalidade ao ar das janelas recomendada:	2
---	---

**Permeabilidade ao ar da envolvente:**

Valor n50 recomendado para construção usual:	1,80
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	0,70
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	0,28

### 3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada

(Ajuda)

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinchas?	Não

Caudal nominal das grelhas:	395 m3/h
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	2 Pa

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Caudal nominal das grelhas (m³/h)	654 cm²	395 m³/h	590 m³/h	833 m³/h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	654 cm²	0,81 h-1	1,21 h-1	1,71 h-1

**Isolamento sonoro:** Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área envidraçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Sensível	Area da fachada (m2)	7,5
Correcção	Ctr	Area da janela (m2)	2,3
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m3)	40,5
Tipo vidro	4-6-4 (30,-1,-3)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1		
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)		
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)		
	A	Rw (Ctr)	
	(m2)	(dB)	
		Rw vidro	30
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1	C	-1
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa	Ctr	-3
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr)	2,3	IGU Rw+Correcção	27
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr)	5,3	Janela Rw+Correcção	26
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr)	7,5		
Fachada D2m,nT,W (dB)			

<b>Resultados: isolamento sonoro</b>		
Isolamento fachada (D2m,nT,W)	28	
Isolamento minimo requerido (D2m,nT,W)	28	Satisfatório

**Síntese:**  
Grelhas fixas com 750 cm<sup>2</sup> de área livre. As grelhas devem ser 'uniformemente' distribuídas pelas diferentes fachadas. As grelhas devem ter um isolamento sonoro (D<sub>nei</sub>) não inferior a 36 (-1,-3) dB.

## Anexo F. Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados na Estação de Arrefecimento





Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Compartimento	Sala de Estar	Sala de Estar	Sala de Estar	Sala de Refeições	Hall (Claraboia)	Cozinha	Corredor B 1	Corredor B 2	Corredor B 3	Corredor B (Claraboia)	Quarto A	Quarto B	Quarto C	Quarto C	Casa de Banho A	Casa de Banho A	Casa de Banho B	
	W	W	S	S	H	N	E	E	E	H	W	W	W	E	N	S	N	
Área, A (m²)	0,68	2,1	18,00	7,00	1,00	5,50	3,50	3,50	3,50	4,63	3,45	3,45	3,45	1,80	1,11	0,69	1,11	
Factor solar do vão envidraçado	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,24	0,24	0,23	0,23	0,16	0,3	0,24	0,24	0,24	0,16	0,24	0,24	0,24	0,24	0,3	0,23	0,3	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Factor de obstrução, Fs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,90	0,90	0,89	0,81	0,90	0,90	0,84	0,90	0,88	0,90	0,90	0,90	0,90	0,84	0,9	0,9	0,9	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec.(kWh/m²)	490	490	425	425	800	220	490	490	490	800	490	490	490	490	220	425	220	
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
	50,38	155,58	1096,17	387,97	80,64	228,69	242,02	259,31	253,55	373,36	255,60	255,60	255,60	124,47	46,15	42,49	46,15	
	TOTAL																	4153,75

(KWh)

Ganhos Solares pelos Envidraçados Interiores

Orientação	Não se verifica a existência de vão envidraçados exteriores																	
Área, A (m²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado =(gv) <sub>int</sub> ·(gv) <sub>enu</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec.(kWh/m²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	TOTAL 0,00 (KWh)

(KWh)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores + envidraçados interiores = 4153,75 + 0,00 = 4153,75

## Anexo G. Ganhos Solares pela Envolvente Opaca na Estação de Arrefecimento



Ganhos Solares pela Envolvente Opaca exterior  
POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)







Orientação	PAR N	PAR S	PAR W	PAR E	PORTA N	PORTA S	PORTA W	VIGA N	VIGA S	VIGA W	PILAR N	PILAR S	PILAR W	PILAR E	COB			
Área, A (m²)	39,19	34,06	26,64	28,54	1,80	3,00	2,00	2,13	2,21	1,19	0,34	0,65	1,71	0,00	184,27			
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
U (W/m²°C)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,87	0,87	0,87	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,36			
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Coefficiente de absorção, α	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4			
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
factor F - fachadas ventiladas ou cobertura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²)	220	425	490	490	220	425	490	220	425	490	220	425	490	490	800			
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Rse(m².°C/W)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04			
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
Factor de sombreamento - opcional	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0			
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=			
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	62,08	104,21	93,99	100,68	5,51	17,75	13,64	6,21	12,49	7,76	1,00	3,67	11,10	0,00	849,12	TOTAL	1289,21	(kWh)

## Anexo H. Relatório - Software SCE.ER



Relatório de simulação de desempenho de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH																			1/2					
Sumário																								
Instalação em Gulpilhares (Vila Nova de Gaia)										Necessidades de energia: AQS regulamentar (REH)					Indicadores principais (sistema solar)									
4 colectores Padrão REH										Energia útil solicitada: 2 375 kWh					rendimento: 39%									
» painel com área 2,60 m² (inclinação 35° e azimute 0°)										- satisfeitas por origem solar 1 414 kWh					60% de fração solar					produtividade: 544 kWh/m²				
» depósito de 160 l, modelo adequado (REH)										- satisfeitas pelo apoio 961 kWh					40%					perdas: 35%				
Local e clima																								
NUTS III: Grande Porto					Município: Vila Nova de Gaia					Local: Gulpilhares					elevação: 10 m			albedo: 20%						
obstruções do horizonte																								
azimute:		E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S				
altura angular:																								
azimute:		S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W				
altura angular:																								
Configuração do sistema solar																								
Sistema solar por medida, em circulação forçada, com 2,6 m² de colectores com inclinação 35° e orientação 0°, e armazenamento de água sanitária com 160 litros, apoio de montagem ao depósito com controlo temporizado.																								
Circuito primário com 24 m de comprimento, tubagens de calibre 12 mm, isolamento em poliuretano com 20 mm de espessura.																								
Bombas de 30 W, garantindo um caudal nominal de 46 l/m² por hora, fluido circulante com 25% de anticongelante.																								
Apoio energético fornecido por sistema elétrico ( ) com eficiência nominal 100%; montagem ao depósito, controlo temporizado.																								
4 colectores de modelo Padrão REH.																								
Características principais: área de abertura 0,65 m², coeficientes de perdas térmicas a1 = 4,12 W/m²K e a2 = 0,014 W/m²K², rendimento óptico = 73%.																								
1 depósito de modelo adequado (REH), com capacidade 160 litros, em posição vertical. Características construtivas principais: coeficiente de perdas térmicas global = 4,5 W/°C, paredes em INOX, temperatura máxima de operação 99°C.																								
Apoio energético fornecido por sistema elétrico ( ) com eficiência nominal 100%.																								
Água quente distribuída por tubagens de calibre 15 mm isoladas por poliuretano com espessura 12 mm, com 12 m entre depósito e ponto de consumo.																								
Necessidades de energia																								
Águas quentes sanitárias - padrão REH																								
edifício:										Residências					T3									
										nº fracções desta tipologia					1									
										nº ocupantes por fracção					4									
										consumo diário por ocupante (litros)					40									
temperaturas			jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez										
		abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13	°C									
		pretendida no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53	°C									
energia diária			jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez										
		segunda-feira	7,5	7,3	6,9	6,6	6,2	5,7	5,5	5,6	5,9	6,5	7,1	7,4	kWh									
		terça-feira	7,5	7,3	6,9	6,6	6,2	5,7	5,5	5,6	5,9	6,5	7,1	7,4	kWh									
		quarta-feira	7,5	7,3	6,9	6,6	6,2	5,7	5,5	5,6	5,9	6,5	7,1	7,4	kWh									
		quinta-feira	7,5	7,3	6,9	6,6	6,2	5,7	5,5	5,6	5,9	6,5	7,1	7,4	kWh									
		sexta-feira	7,5	7,3	6,9	6,6	6,2	5,7	5,5	5,6	5,9	6,5	7,1	7,4	kWh									
		sábado	7,5	7,3	6,9	6,6	6,2	5,7	5,5	5,6	5,9	6,5	7,1	7,4	kWh									
		domingo	7,5	7,3	6,9	6,6	6,2	5,7	5,5	5,6	5,9	6,5	7,1	7,4	kWh									
perfil de consumo		hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18										
		(período diurno)	40%	.	.	.	.	.	10%	.	.	.	.	.										
		hora	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6										
		(período nocturno)	40%	10%	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.										



Relatório de simulação de sistema solar térmico: requisitos mínimos REH - continuação														2/2
Aproveitamento do recurso solar														
radiação solar directa		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	horizontal (à superfície)	0,8	1,5	2,4	3,3	4,1	5,1	5,3	4,6	3,4	1,7	1,0	0,6	2,8 kWh/m².dia
	incidente nos colectores	1,7	2,5	3,3	3,7	3,9	4,5	4,9	4,8	4,3	2,6	2,0	1,2	3,3 kWh/m².dia
	absorvida pelos colectores	1,7	2,4	3,1	3,4	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	2,5	2,0	1,2	3,0 kWh/m².dia
radiação solar global		média	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	no topo da atmosfera	4,1	5,6	7,6	9,6	11,0	11,6	11,3	10,1	8,3	6,2	4,4	3,6	7,8 kWh/m².dia
	na horizontal (à superfície)	1,8	2,8	4,2	5,4	6,5	7,4	7,5	6,5	5,0	3,2	2,1	1,4	4,5 kWh/m².dia
	incidente nos colectores	2,8	4,0	5,2	5,9	6,3	6,8	7,1	6,8	6,1	4,3	3,3	2,2	5,1 kWh/m².dia
	absorvida pelos colectores	2,4	3,4	4,4	5,0	5,1	5,4	5,7	5,8	5,3	3,7	2,8	1,9	4,2 kWh/m².dia
Desempenho energético														
temperaturas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	ambiente	9,5	10,6	12,5	14,1	16,8	20,6	23,2	23,3	21,3	17,1	13,0	10,6	16,1 °C
	abastecimento de água	13	13	14	15	16	18	20	20	19	17	15	13	16 °C
	base do armazenamento	22	25	29	32	34	36	40	41	37	29	25	21	31 °C
	topo do armazenamento	44	45	47	48	49	51	54	55	52	46	44	43	48 °C
	pretendida no consumo	53	52	52	51	50	49	49	50	51	52	52	53	51 °C
massas		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
	pretendida no consumo	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160 litros/dia
	extraída do armazenamento	160	159	154	150	147	141	133	132	141	157	159	160	149 litros/dia
	nota: adicionada	0	1	6	10	13	19	27	28	19	3	1	0	11 litros/dia
balanços de energia														
- sistema solar		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
nota: radiação solar na horizontal		144	201	335	421	522	577	602	526	389	256	162	113	4 247 kWh
energia primária (radiação solar incidente)		228	292	420	460	508	534	569	551	474	348	255	177	4 818 kWh
energia solar captada		104	132	193	218	225	242	266	268	233	168	123	81	2 253 kWh
perdas térmicas no circuito primário		2	3	4	4	5	5	6	7	5	4	2	1	48 kWh
perdas térmicas no armazenamento		37	42	58	64	71	78	92	94	81	57	43	33	749 kWh
consumos eléctricos parasíticos		6	6	8	8	8	7	8	9	8	8	7	6	88 kWh
energia final (calor de origem solar)		82	106	160	173	189	206	228	228	198	138	97	63	1 867 kWh
- sistema de apoio														
energia primária (l)		178	131	106	81	67	39	27	30	50	110	147	193	1 160 kWh
energia final (calor)		178	131	106	81	67	39	27	30	50	110	147	192	1 158 kWh
- circuito de distribuição														
perdas térmicas		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0 kWh
- fornecimento de água quente														
necessidades (consumo de energia útil)		232	204	215	198	192	172	170	173	178	202	212	229	2 375 kWh
energia de origem solar (útil)		73	91	129	135	141	145	152	153	142	112	84	56	1 414 kWh
energia com origem no apoio (útil)		159	112	86	63	50	27	18	20	36	90	127	172	961 kWh
Desempenho global do sistema														
fracção solar		60% em termos de energia útil												
produtividade		544 kWh/m² de colector												
i.e.		43% da produtividade limite dos colectores, 1265 kWh/m²												
rendimento - definição física		39% em relação à energia solar no plano dos colectores												
rendimento - definição estatística		33% em relação à energia solar na horizontal												
perdas térmicas e consumos parasíticos		39% da energia solar captada												
(*) estas avaliações podem não ser adequadas se as cargas térmicas tiverem grande variação durante a semana e/ou ano.														

## Anexo I. Folha de Cálculo Fornecida pela Orientadora



Localização: Grande Porto Altitude 10 m

Zona climática: Inverno I1 Verão V2

Zref: 94 m

Dados climáticos de inverno

Mref 6,2 meses a 0,002 M 6,032 meses  $\theta_{ext,iREF}$  9,9 °C a -0,007  $\theta_{ext,i}$  10,5  
Gdref 1250 °C.dia a 1,6 GD 1116 °C.dia  
Gsul 130 kWh/m2/mês

Dados climáticos de verão

$\theta_{ext,vREF}$  20,9 °C a 0  $\theta_{ext,v}$  20,9 °C  
Isol kWh/m2  
N 220 NE E 490 SE S 425  
SW W 490 NW HOR 800

Perdas associadas à Envolvente Exterior e em Contacto com o Solo

Paredes Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
PAREDES EXTERIORES	128,43	0,45	57,79
PILARES	2,70	0,83	2,24
VIGAS	5,53	0,83	4,59
PORTAS EXTERIORES	6,80	0,87	5,92
			0,00
			0,00
			0,00
	143,458	TOTAL	70,54

Pavimentos Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
			0,00
			0,00
			0,00
	0	TOTAL	0,00

Coberturas Exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
COBERTURA EM TERRAÇO	184,27	0,37	68,18
			0,00
			0,00
	184,27	TOTAL	68,18

Vãos envidraçados exteriores	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U.A (W/°C)
Verticais:			
EnvSE1 - Sala de Estar	0,68	2,10	1,43
EnvSE2 - Sala de Estar	2,10	2,10	4,41
EnvSE3 - Sala de Estar	18,00	2,10	37,80
EnvSR1 - Sala de Refeições	7,00	2,10	14,70
EnvC1 - Cozinha	5,50	2,10	11,55
EnvCB1 - Corredor B	3,50	2,10	7,35
EnvCB2 - Corredor B	3,50	2,10	7,35
EnvCB3 - Corredor B	3,50	2,10	7,35
EnvQA1 - Quarto A	3,45	2,10	7,25
EnvQB1 - Quarto B	3,45	2,10	7,25
EnvQC1 - Quarto C	3,45	2,10	7,25
EnvQC2 - Quarto C	1,80	2,10	3,78
EnvWCA1 - Casa de Banho A	1,11	2,10	2,33
EnvWCA2 - Casa de Banho A	0,69	2,10	1,45
EnvWCB1 - Casa de Banho B	1,11	2,10	2,33
Horizontais:			
EnvH1 - Hall (Clarabóia)	1,00	1,96	1,96
EnvCB4 - Corredor B (Clarabóia)	4,63	1,96	9,07
	64,47	TOTAL	134,60

Pontes térmicas lineares	Comp. B (m)	ψ (W/m.°C)	ψ.B (W/°C)
Ligações entre:			
Fachada com os pavimentos térreos			0,00
Fachada com os pavimentos ext ou sobre ENU	74,79	0,35	26,18
Fachada com pavimentos intermédios			0,00
Fachada com cobertura	74,79	1,00	74,79
Fachada com varanda			0,00
Duas paredes verticais	26,70	0,50	13,35
Fachada com caixa de estore			0,00
Fachada com caixilharia	110,34	0,10	11,03
Outras			0,00
	286,62	TOTAL	125,35

Hext- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior da Fracção Autónoma	(W/°C)	TOTAL	398,67
--	--------	-------	--------

Pavimentos em contacto com o solo	Área (m <sup>2</sup> )	P	B´	Rf	Ubf (W/m <sup>2</sup> .°C)	Ubf.A (W/°C)
						0,00
						0,00
	0				TOTAL	0,00

Paredes em contacto com o solo	Z (m)	P (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Ubw (W/m <sup>2</sup> .°C)	Ubw.A (W/°C)
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00		0,00
			0,00	TOTAL	0,00

Hecs - Coeficiente de transferência de calor pela envolvente em contacto com o solo da Fracção Autónoma	(W/°C)	TOTAL	0,00
---	--------	-------	------

**Perdas associadas à Envolvente para ENU e edifícios adjacentes**

<b>Paredes em contacto com espaços não-úteis ou edifícios adjacentes</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>btr (-)</b>	<b>btr.U.A (W/°C)</b>
PAREDE GARAGEM	14,71	0,48	1,00	7,06
PORTA INTERIOR GARAGEM	1,80	1,80	1,00	3,24
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
				0,00
	<b>16,51</b>		<b>TOTAL</b>	<b>10,30</b>

<b>Pavimentos sobre espaços não-úteis</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>btr (-)</b>	<b>btr.U.A (W/°C)</b>
PAVIMENTO SOBRE VAZIO SANITÁRIO	184,27	0,4	1	73,71
				0,00
				0,00
	<b>184,27</b>		<b>TOTAL</b>	<b>73,71</b>

<b>Coberturas Interiores (tectos sob espaços não-úteis)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>btr (-)</b>	<b>btr.U.A (W/°C)</b>
				0,00
				0,00
				0,00
	<b>0</b>		<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

<b>Vãos envidraçados em contacto com espaços não-úteis</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>.°C)</b>	<b>btr (-)</b>	<b>btr.U.A (W/°C)</b>
				0,00
				0,00
				0,00
	<b>0</b>		<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b>

<b>Pontes térmicas (apenas para paredes de separação para espaços não-úteis com btr&gt;0,7)</b>	<b>Comp. B (m)</b>	<b>ψ (W/m.°C)</b>	<b>btr (-)</b>	<b>btr.ψ.B (W/°C)</b>
PAREDE GAR /PAV	6,50	0,50	1,00	3,25
PAREDE GAR / COB	6,50	0,80	1,00	5,20
DUAS PAREDES VERTICIAS	2,60	0,40	1,00	1,04
	<b>15,6</b>		<b>TOTAL</b>	<b>9,49</b>

<b>Henu+Hadj - Coeficiente de transferência de calor para ENU e edifícios adjacentes da Fracção Autónoma</b>	<b>(W/°C)</b>	<b>TOTAL</b>	<b>93,50</b>
--	---------------	--------------	--------------

Perdas associadas à Renovação de Ar

Área Útil de Pavimento		184,27	(m <sup>2</sup> )
Pé-direito médio		2,64	(m)
		=	
Volume interior	(V)	486,47	(m <sup>3</sup> )

Volume		486,47	
		x	
Taxa de Renovação Nominal		0,50	
		x	
Recuperador de calor? Sim - bve=	0	1,00	(1-bve)
		x	
		0,34	
		=	
Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação da Fracção Autónoma	TOTAL	82,70	(W/°C)

## Ganhos Úteis na Estação de Aquecimento (Inverno)

### Ganhos Solares:

Compartimento	Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m²)	Factor de orientação X (-)	Factor Solar do vidro g (-)	Factor de Obstrução Fs (-) Fh.Fo.Ff	Fracção Envidraçada Fg (-)	Factor de Sel. Angular Fw (-)	Área Efectiva Ae (m²)
EnvSE1 - Sala de Estar	W	D	0,68	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,07
EnvSE2 - Sala de Estar	W	D	2,10	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,21
EnvSE3 - Sala de Estar	S	D	18,00	1,00	0,38	0,81	0,70	0,90	3,490
EnvSR1 - Sala de Refeições	S	D	7,00	1,00	0,38	0,73	0,70	0,90	1,22
EnvH1 - Hall (Clarabóia)	H	D	1,00	0,89	0,38	0,90	0,70	0,90	0,19
EnvC1 - Cozinha	N	D	5,50	0,27	0,38	1,00	0,70	0,90	0,36
EnvCB1 - Corredor B	E	D	3,50	0,56	0,38	0,42	0,70	0,90	0,20
EnvCB2 - Corredor B	E	D	3,50	0,56	0,38	0,50	0,70	0,90	0,23
EnvCB3 - Corredor B	E	D	3,50	0,56	0,38	0,45	0,70	0,90	0,21
EnvCB4 - Corredor B (Clarabóia)	H	D	4,63	0,89	0,38	0,90	0,70	0,90	0,89
EnvQA1 - Quarto A	W	D	3,45	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,35
EnvQB1 - Quarto B	W	D	3,45	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,35
EnvQC1 - Quarto C	W	D	3,45	0,56	0,38	0,76	0,70	0,90	0,35
EnvQC2 - Quarto C	E	D	1,80	0,56	0,38	0,42	0,70	0,90	0,10
EnvWCA1 - Casa de Banho A	N	D	1,11	0,27	0,38	1,00	0,70	0,90	0,07
EnvWCA2 - Casa de Banho A	S	D	0,69	1,00	0,38	0,85	0,70	0,90	0,14
EnvWCB1 - Casa de Banho B	N	D	1,11	0,27	0,38	1,00	0,70	0,90	0,07

**64,47**

Área efectiva total equivalente na orientação Sul (m²)

**8,5148**

x

Radiação incidente num envidraçado a Sul (G<sub>sul</sub>)

na zona **I1** do Quadro III. 8 (Anexo III) - (kWh/m².mês)

**130**

x

Duração da estação de aquecimento - do Quadro III.1

(meses)

**6,0**

=

G<sub>sol</sub> - Ganhos Solares Brutos (kWh/ano)

**6641,54**

### Ganhos Internos

Ganhos internos médios	(Quadro IV.3)	<b>4</b>	(W/m²)
		x	
Duração da Estação de Aquecimento M		<b>6,0</b>	(meses)
		x	
Área Útil de pavimento		<b>184,27</b>	(m²)
		x	
		<b>0,72</b>	
		=	
G <sub>int</sub> - Ganhos Internos Brutos		<b>3184,19</b>	(kWh/ano)

### Ganhos Úteis Totais:

$$\gamma = \frac{\text{Ganhos Solares Brutos} + \text{Ganhos Internos Brutos}}{\text{Necessidades Brutas de Aquecimento (da FC IV.2)}}$$

**9825,72**

**15397,30**

Inércia do edifício:

**FORTE**

a = **4,20**

γ = **0,64**

(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)

Factor de Utilização dos Ganhos Térmicos

(η)

**0,939**

x

Ganhos Solares Brutos + Ganhos Internos Brutos

**9825,72**

=

Ganhos Úteis Totais (kWh/ano)

**9229,04**

### Cálculo intermédio:

Se γ = 1

η = 0,807692

Se γ ≠ 1

η = 0,939273

It fraca

a= 1,8

It média

a= 2,6

It forte

a= 4,2



**Valor Máximo das Necessidades de Aquecimento (Ni)**

Perdas por transmissão pela envolvente exterior e ECS					
		Uref (W/m <sup>2</sup> .°C)		Área m <sup>2</sup>	Uref.A (W/°C)
Paredes exteriores		0,50		171,07	85,54
Coberturas exteriores		0,40		184,27	73,71
Envidraçados exteriores Aenv	>	0,2*Ap		36,85	103,19
		64,47	36,85		
				<b>TOTAL</b>	<b>262,44</b>
<b>Pontes térmicas lineares</b>					
		Yref (W/m.°C)		B (m)	Yref.B (W/°C)
Fachada /pav.térreo + pav sobre ext ou ENU + cob + pav int + varanda		0,50		149,58	74,79
Duas Paredes Verticais		0,40		26,70	10,68
Fachada com caixilharia e caixa de estore		0,20		110,34	22,07
				<b>TOTAL</b>	<b>107,54</b>
<b>(Hext+Hecs)ref- Coeficiente de transferência de calor para EXT e ECS da Fracção Autónoma</b>					<b>(W/°C)</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>369,97</b>

Perdas por transmissão pela envolvente interior					
		Uref (W/m <sup>2</sup> .°C)		Área m <sup>2</sup>	Uref.A (W/°C)
Paredes Garagem		0,50		14,71	7,36
Porta Interior Garagem		0,50		1,80	0,90
Pavimento sobre vazio sanitário		0,40		184,27	73,71
				<b>TOTAL</b>	<b>81,96</b>
<b>Pontes térmicas lineares</b>					
(paredes para ENU com btr>0,7)		Yref (W/m.°C)		B (m)	Yref.B (W/°C)
Parede Garagem / Pavimento		0,50		6,50	3,25
Parede Garagem / Cobertura		0,50		6,50	3,25
Duas Paredes Verticais		0,40		2,60	1,04
				<b>TOTAL</b>	<b>7,54</b>
<b>(Henu+Hadj )ref- Coeficiente de transferência de calor para ENU e edifícios adjacentes da Fracção Autónoma</b>					<b>(W/°C)</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>89,50</b>

Perdas por renovação de ar	Rph,1	Req.	Rph,iref	V	0.34*V*Rph,iref
Hvent =	0,50	< 0,6	0,50	486,47	82,70

Graus-dias no local (°C.dia) 1116

Qtr,i,ref	0,024 x GD x Htr,i,ref	12306,64
Qve,i,ref	0,024 x GD x Hve,i,ref	2215,05
Qint	0,72 x 4 x M x Ap	3184,19
Gsol,ref	(Gsolx0.182x0.20*Ap)*M	5231,79
Qgu,i,ref	niref= 0,6 niref (Qint + Qsol)	5049,59

Nec. Nom. de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano) 51,40

### Cálculo do Indicador Nic

Perdas térmicas associadas a:	(W/°C)
Hext	398,67
Hecs (de FCIV.1b)	0,00
Henu + Hadj (de FCIV.1b)	93,50
	=
Htr -Coeficiente Global de Perdas por transmissão(W/°C)	492,17
	+
Hve- Coeficiente de transferência de calor por ventilação	82,70
	=
H - Coeficiente global de perdas	574,87
	x
Graus-dias no Local (°C.dia)	1116,00
	x
	0,024
	=
Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)	15397,30
	-
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (de FCIV.1e)	9229,04
	=
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)	6168,27
	/
Área Útil de Pavimento (m2)	184,27
	=
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m2.ano)	33,47
	≤
Nec. Nominais de Aquec. Máximas - Ni (kWh/m2.ano)	51,40

Verificação: **OK**

Nic/Ni = 65,12%

### Perdas - transmissão + ventilação

Perdas associadas às paredes exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	70,54	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos exteriores (U.A)	(FCIV.1a)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas exteriores (U.A)	(FCV.1a)	68,18	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados exteriores (U.A)	(FCV.1a)	134,60	(W/°C)
		+	
Perdas térmicas lineares associadas à parede ext (y,B)	(FCV.1a)	125,35	(W/°C)
<b>Hext- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente exterior da Fracção Autónoma</b>		<b>TOTAL</b>	<b>398,67</b> (W/°C)
<b>Hext- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente ECS da Fracção Autónoma</b>		<b>TOTAL</b>	<b>0,00</b> (W/°C)
Perdas associadas às paredes para ENU (U.A.btr)	(FCIV.1b)	10,30	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos pavimentos para ENU (U.A.btr)	(FCIV.1b)	73,71	(W/°C)
		+	
Perdas associadas às coberturas para ENU (U.A.btr)	(FCV.1b)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas associadas aos envidraçados para ENU (U.A.btr)	(FCIV.1b)	0,00	(W/°C)
		+	
Perdas térmicas lineares associadas à parede para ENU(y,B.btr)	(FCIV.1b)	9,49	(W/°C)
<b>Henu- Coeficiente de transferência de calor pela envolvente interior da Fracção Autónoma</b>		<b>TOTAL</b>	<b>93,50</b> (W/°C)
<b>H - Coeficiente global de perdas por transmissão da FA</b>		<b>TOTAL</b>	<b>492,17</b> (W/°C)
<b>Hve - Coeficiente de perdas por ventilação da FA</b>		<b>TOTAL</b>	<b>99,24</b> (W/°C)
		=	
<b>Perdas específicas totais</b>		(Q1a)	<b>591,41</b> (W/°C)

Temperatura interior de referência		25,00	(°C)
		-	
Temperatura média do ar exterior na estação de arrefecimento (Quadro III.9)		20,90	(°C)
		=	
Diferença de temperatura interior-exterior		4,10	(°C)
		x	
Perdas específicas totais	(Q1a)	591,41	(W/°C)
		x	
		2,928	
		=	
<b>Perdas térmicas totais</b>	(Q1b)	<b>7099,74</b>	(kWh)

Ganhos Solares pela Envolvente Opaca exterior  
POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL (inclui paredes e cobertura)

Orientação	PAR N	PAR S	PAR W	PAR E	PORTA N	PORTA S	PORTA W	VIGA N	VIGA S	VIGA W	PILAR N	PILAR S	PILAR W	PILAR E	COB	
Área, A (m²)	39,19	34,06	26,64	28,54	1,80	3,00	2,00	2,13	2,21	1,19	0,34	0,65	1,71	0,00	184,27	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
U (W/m²°C)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,87	0,87	0,87	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,36	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Coeficiente de absorção, α	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
factor F - fachadas ventiladas ou cobertura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec. (kWh/m²)	220	425	490	490	220	425	490	220	425	490	220	425	490	490	800	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Rse(m².°C/W)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de sombreamento - opcional	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	62,08	104,21	93,99	100,68	5,51	17,75	13,64	6,21	12,49	7,76	1,00	3,67	11,10	0,00	849,12	TOTAL 1289,21 (kWh)

Ganhos Solares pelos Envidraçados Exteriores

Compartimento	Sala de Estar	Sala de Estar	Sala de Estar	Sala de Refeições	Hall (Claraboia)	Cozinha	Corredor B 1	Corredor B 2	Corredor B 3	Corredor B (Claraboia)	Quarto A	Quarto B	Quarto C	Quarto C	Casa de Banho A	Casa de Banho A	Casa de Banho B	
	W	W	S	S	H	N	E	E	E	H	W	W	W	E	N	S	N	
Área, A (m²)	0,68	2,1	18,00	7,00	1,00	5,50	3,50	3,50	3,50	4,63	3,45	3,45	3,45	1,80	1,11	0,69	1,11	
Factor solar do vão envidraçado	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,24	0,24	0,23	0,23	0,16	0,3	0,24	0,24	0,24	0,16	0,24	0,24	0,24	0,24	0,3	0,23	0,3	
Fracção envidraçada, Fg	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
Factor de obstrução, Fs	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	0,90	0,90	0,89	0,81	0,90	0,90	0,84	0,90	0,88	0,90	0,90	0,90	0,90	0,84	0,9	0,9	0,9	
Int. de rad. solar na estação de arrefec.(kWh/m²)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	490	490	425	425	800	220	490	490	490	800	490	490	490	490	220	425	220	
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
	50,38	155,58	1096,17	387,97	80,64	228,69	242,02	259,31	253,55	373,36	255,60	255,60	255,60	124,47	46,15	42,49	46,15	
TOTAL																	4153,75	(KWh)

Ganhos Solares pelos Envidraçados Interiores

Orientação																		
Área, A (m²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor solar do vão envidraçado =(gv) <sub>int</sub> ·(gv) <sub>enu</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Fracção envidraçada, Fg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Factor de obstrução, Fs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Int. de rad. solar na estação de arrefec.(kWh/m²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	
Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	TOTAL 0,00 (KWh)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados Exteriores + envidraçados interiores = 4153,75 + 0,00 = 4153,75

### Ganhos Internos

Ganhos Internos médios (W/m <sup>2</sup> ) (Quadro IV.3)	4	
	x	
Área Útil de Pavimento (m2)	184,27	
	x	
	2,928	
	=	
Ganhos internos Totais	2158,17	(KWh)

### Ganhos Totais na estação de arrefecimento (verão)

Ganhos Solares pelos Vãos Envidraçados	4153,75	(KWh)
	+	
Ganhos Solares pela Envolvente Opaca Exterior	1289,21	(KWh)
	+	
Ganhos internos	2158,17	(KWh)
	=	
Ganhos Térmicos Totais	7601,13	(KWh)

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Ganhos Térmicos Totais	7601,13	(kWh)
/		
Perdas Térmicas Totais	7099,74	(kWh)
=		
g = Ganhos/Perdas	g = 1,071	
Inércia do edifício	FORTE	
(In. Fraca=1; In. Média=2; In. Forte=3)		
a =	4,2	

$\Delta q = (25-q_{ext,v}) =$	4,1
$\Delta q > 1$	$h_{ref} = 0.52+0.22*\ln(\Delta q) =$ 0,830
$0 < \Delta q \leq 1$	$h_{ref} =$ 0,450
$\Delta q \leq 0$	$h_{ref} =$ 0,300

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta$	0,779	
	=	
	0,221	
	x	
Ganhos Térmicos Totais	7601,13	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1678,49	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	184,27	
	=	
Necessidades Nominais de Arrefecimento - Nvc	9,11	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)
	≤	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	9,13	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)

	1	
	-	
Factor de utilização dos ganhos, $\eta_{ref}$	0,830	
	=	
	0,170	
	x	
Ganhos Térmicos Totais de ref ( $q_{int} \times 2.928 + 0.43 \times 0.2 \times Isol,ref$ ) x $A_p$	9923,31	(kWh)
	=	
Necessidades Brutas de Arrefecimento	1682,82	(kWh/ano)
	/	
Área Útil de Pavimento (m <sup>2</sup> )	184,27	
	=	
Necessidades Nominais de Arref. Máximas - Nv	9,13	(kWh/m <sup>2</sup> .ano)

Cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária

Nº de ocupantes (Quadro VI.1)	4	
Factor de eficiência hídrica (Quadro VI.1)	1	
Consumo médio diário de referência de AQS ( $M_{AQS}$ ) (edifícios residenciais - 40 litros/ocupante)	160,00	
Aumento de temperatura necessário ( $\Delta T$ ) (considerar igual a 35°C)	35	
Número anual de dias de consumo ( $n_d$ ) (Quadro VI.2)	365	
Energia despendida com sistemas convencionais ( $Q_a$ )	2377,29	(kW.h/ano)



Ntc			
Nic=	33,47	Fpu= 1	n= 0,890
Nvc=	9,11	Fpu= 2,5	n= 3,000
Qa Caldeira Coletor Solar	963,29 1414,00	Fpu= 1	n= 0,890
Wvm=	0	Fpu= 0	n= 1,000
Eren=	1414,00	Fpu= 1	

Nt			
Ni= 51,40	Fpu= 1,00	n= 0,89	
Nv= 9,13	Fpu= 2,50	n= 3,00	
Qa= 2377,29	Fpu= 1,00	n= 0,89	

Se	η	>	ηref	δ =	0
Se	η	≤	ηref	δ =	1

0,779 ≤ 0,83 δ = 1

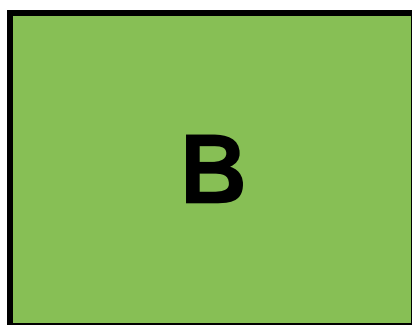
Cálculo das Necessidade de Energia Primária

Ntc=	Nic.Fpu/n	+	Nvc.Fpu/n	+	λa/Ap.Fpu/λ	+	Wvm/Ap*Fp	-	Eren.Fpu/Ap	
Ntc =	37,61	+	7,59	+	13,55	+	0,00	-	7,67	= 51,08

Nt=	Ni.Fpu/n	+	Nv.Fpu/n	+	λa/Ap.Fpu/λ					
Nt =	57,76	+	7,61	+	14,50				=	79,86

R =	Ntc / Nt	=	0,640	=	64,0%
-----	----------	---	-------	---	-------

Verificação: OK



CLASSE  
ENERGÉTICA

## Anexo J. Folha de Cálculo ITeCons



Ir para ----- Escolha para onde navegar ----- ▼ Versão V2.25, de 03 de Junho de 2016

## Identificação Geográfica

Identificação Geográfica do Edifício ou Fração Autónoma

Código do Ponto de Entrega (CPE)			
Código Postal	4405	596	Concelho
Artéria		Gulphilhares	
Aplicável nº de Porta?	<input type="checkbox"/>	Aplicável Alojamento?	<input type="checkbox"/>
Nº de Porta		Alojamento	

Inserir fotografia

(Tamanho máximo de 150KB, formato jpg)

Coordenadas GPS

Latitude	N: 41.0824278
Longitude	W: 8.6524241

Tipo de Edifício

Tipo de Edifício	Habitação
------------------	-----------

Natureza da Emissão

Tipo de Certificado	Pré-Certificado
---------------------	-----------------

Contexto de Certificado	Novo
-------------------------	------

Definição do Enquadramento	
----------------------------	--

## Identificação do Imóvel

Identificação do Imóvel

Tipo de Imóvel	Edifício
Tipo de Fração	Privado

Nome do Empreendimento / Designação Comercial	Morada - Gupilhares
---	---------------------

Identificação Registral

Conservatória Omissa?	<input checked="" type="checkbox"/>
-----------------------	-------------------------------------

Identificação Fiscal

Freguesia		Cód. de Freguesia
Nº Artigo Matricial		Fração

Identificação Municipal

Aplicável Nº do Processo Municipal?	<input type="checkbox"/>	Data de registo
Nº do Processo Municipal		

Proprietário/Promotor

Nome	Proprietário X	Estrangeiro?	<input type="checkbox"/>
Artéria	Esposende		
Código Postal	4740	572	
Aplicável nº de Porta?	<input checked="" type="checkbox"/>	Aplicável Alojamento?	<input type="checkbox"/>
Nº de Porta	5	Alojamento	
Telefone	964776633	e-mail	<a href="mailto:lmlemos@gmail.com">lmlemos@gmail.com</a>
		Não dispõe	<input type="checkbox"/>

NOTA: O Email do Proprietário deverá ser preenchido obrigatoriamente, caso se pretenda utilizar os dados do proprietário para faturação.

Técnico responsável pelo Projeto

Nome do Técnico	Luís Miguel Gonçalves Lemos		
Ordem Profissional	Ordem dos Engenheiros	Nº de Membro	xxxxxxxxxxxxxxxx
Empresa ao serviço da qual intervém neste projecto	Lemos, lda		

Características do Imóvel

Localização geográfica do edifício

Altitude (m)

10

Introduza valor para altitude entre 0 e 261 m

Distância à costa

inferior a 5km

na periferia de uma zona urbana ou numa zona rural

Características do Edifício

Tipo de utilização

Habitação

Nº total de pisos que constitui o edifício

1

Possui elevador?

Sim

Não

Características da Fração

Área útil de pavimento (m²)

184,27

Pé-direito médio ponderado (m)

2,64

ROADMAP

2016

Tipologia

T3

Tipologia fiscal

T3

Inércia Térmica

Forte

Nº de pisos da fração

1

Caract. restantes
1546

Descrição sucinta

Edifício de habitação unifamiliar, localizado na Avenida Egas Moniz, nº 423 em Gulphilhares, Vila Nova de Gaia (altitude 10 m).  
A moradia desenvolve-se num piso térreo, sendo constituída por duas salas (sala de estar e de refeições), três quartos, duas casas de banho e uma cozinha. Existe ainda um corpo, anexo à moradia, destinado a garagem.  
A moradia desenvolve-se na direção Poente - Nascente, encontrando-se a fachada principal orientada a Poente.

Levantamento Dimensional

Divisão	Área (m²)	Pé Direito (m)	% Área	Volume (m³)
Sala de Estar	41,86	2,74	22,7	114,70
Sala de Refeições	15,00	2,74	8,1	41,10
Hall	6,79	2,74	3,7	18,60
Cozinha	11,50	2,74	6,2	31,51
Corredor A	14,21	2,54	7,7	36,09
Corredor B	29,58	2,54	16,1	75,13
Quarto A	13,57	2,60	7,4	35,28
Quarto B	13,57	2,60	7,4	35,28
Quarto C	14,80	2,60	8,0	38,48

Casa de Banho A	6,66	2,60	3,6	17,32
Casa de Banho B	6,77	2,60	3,7	17,60
Correção de Medidas	9,96	2,59	5,4	25,80
TOTAL	184,270	2,642	100,0	486,90

Envolvente exterior

Paredes Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Exterior - Tipo 1	Parede dupla com isolamento térmico no espaço de ar
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	Pilares
Ponte Térmica Plana	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	Vigas

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m² . C)
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	As paredes exteriores são constituídas por reboco interior com 2 cm, alvenaria de tijolo vazado com 11 cm, polistireno extrudido com 5 cm, tijolo vazado com 15 cm e acabamento exterior em reboco com 2 cm.	0,45
PTPPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	Pilares localizados nas paredes exteriores com dimensão 0,25 x 0,25	0,83
PTPPDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	Vigas localizadas nas paredes exteriores com dimensão 0,25 x 0,60	0,83



Designação do Tipo de Solução	Orientação	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m²)	Área envidraçada (m²)	U Solução (W/m²·°C)	Área Efectiva (m²)	U referência (W/m²·°C)	U máximo (W/m²·°C)
PDE1	Norte		51,18	7,72	0,45	43,46	0,50	0,50
PDE1	Oeste		44,67	13,13	0,45	31,54	0,50	0,50
PDE1	Sul		65,61	25,69	0,45	39,92	0,50	0,50
PDE1	Este		40,84	12,30	0,45	28,54	0,50	0,50
PTPPDE1	Norte	PDE1	0,34	0,00	0,83	0,34	0,50	0,90
PTPPDE1	Oeste	PDE1	1,71	0,00	0,83	1,71	0,50	0,90
PTPPDE1	Sul	PDE1	0,65	0,00	0,83	0,65	0,50	0,90
PTPPDE2	Norte	PDE1	2,13	0,00	0,83	2,13	0,50	0,90
PTPPDE2	Oeste	PDE1	1,19	0,00	0,83	1,19	0,50	0,90
PTPPDE2	Sul	PDE1	2,21	0,00	0,83	2,21	0,50	0,90

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Áreas por orientação (m2)								Area Total (m²)	U Solução (W/m².°C)	U referência (W/m².°C)	U máximo (W/m².°C)	
		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO					
PDE1	Parade Exterior - Tipo 1	43,46	0,00	28,54	0,00	39,92	0,00	31,54	0,00	NO	143,46	0,45	0,50	0,50
PTPDE1	Ponte Térmica Plana - Tipo 1	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO					
		0,34	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	1,71	0,00		2,70	0,83	0,50	0,90
PTPDE2	Ponte Térmica Plana - Tipo 2	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO					
		2,13	0,00	0,00	0,00	2,21	0,00	1,19	0,00		5,53	0,83	0,50	0,90

## Pavimentos Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U desc. Solução (W/m <sup>2</sup> °C)

Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área ( $m^2$ )	U desc. Solução ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	U referência ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )	U máximo ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

## Coberturas Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Cobertura Exterior - Tipo 1	Cobertura horizontal com isolamento térmico pelo exterior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U asc. Solução (W/m²·°C)
CBE1	Cobertura Exterior - Tipo 1	A cobertura da habitação é horizontal, invertida, ou seja, com o isolante térmico pelo exterior, sobre a tela de impermeabilização. Possui uma proteção exterior de seixo com 6 cm, poliestireno extrudido com 8 cm, tela de impermeabilização, camada de forma com espessura média de 5 cm, laje aligeirada de 2,5 cm e reboco interior de 2 cm.	0,37



Designação do Tipo de Solução	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m²)	U asc. Solução (W/m²·°C)	U referência (W/m²·°C)	U máximo (W/m²·°C)
CBE1		184,27	0,37	0,40	0,40

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Área Total (m²)	U Solução (W/m²·°C)	U referência (W/m²·°C)	U máximo (W/m²·°C)
CBE1	Cobertura Exterior - Tipo 1	184,27	0,37	0,40	0,40

Vãos Envidraçados Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Janela	Tipo de solução caixilharia 1	Tipo de solução caixilharia 2
Envidraçado Exterior - Tipo 1	Simples	Caixilharia metálica sem corte térmico com vidro duplo	

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Tipo de Proteção	Descrição da Proteção
-------------------------------	-----------------	---------------------	------------------	-----------------------

VE1	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Envidraçados Verticais: Vidro duplo superisolante (6+10+6), caixilharia metálica com corte térmico e classe de permeabilidade 4 (Anexo X – Caixilharias), com cortinas interiores opacas de cor clara.	Com proteção pelo interior	Cortinas interiores opacas de cor clara
VE2	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Envidraçados Horizontais: Vidro duplo superisolante (6+10+6), caixilharia metálica com corte térmico e classe de permeabilidade 4 (Anexo X – Caixilharias), com estores venezianos, automáticos.	Com proteção pelo interior	Estores Venezianos

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	U <sub>wdn</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)	U <sub>ref</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área (m <sup>2</sup> )	g <sub>⊥,vi</sub>	g <sub>T</sub>	U <sub>máx</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)
VE1	2,10	2,80	58,84	0,38	0,19	2,80
VE2	1,96	2,80	5,63	0,38	0,14	2,80



IDvão	Divisão	Designação do tipo de solução	Orientação	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	Classe SEEP	ID SEEP	g <sub>T</sub> corrigido	Área do compartimento que serve (m <sup>2</sup> )	Área de envidraçados do compartimento que serve (m <sup>2</sup> )	g <sub>Tmax</sub>	Aenv < 5% Apav
1	Sala de Estar	VE1	Oeste	0,68			0,17	41,86	20,78	0,17	Não
2	Sala de Estar	VE1	Oeste	2,10			0,17	41,86	20,78	0,17	Não
3	Sala de Estar	VE1	Sul	18,00			0,17	41,86	20,78	0,17	Não
4	Sala de Refeições	VE1	Sul	7,00			0,15	15,00	7,00	0,18	Não
5	Hall	VE2	Horizontal	1,00			0,13	6,79	1,00	0,56	Não
6	Cozinha	VE1	Norte	5,50			0,17	11,50	0,00	-	Sim
7	Corredor A	VE1	Este	3,50			0,16	14,21	3,50	0,34	Não
8	Corredor B	VE1	Este	3,50			0,17	29,58	11,63	0,21	Não
9	Corredor B	VE1	Este	3,50			0,17	29,58	11,63	0,21	Não
10	Corredor B	VE2	Horizontal	4,63			0,13	29,58	11,63	0,21	Não
11	Quarto A	VE1	Oeste	3,45			0,17	13,57	3,45	0,33	Não

12	Quarto B	VE1	Oeste	3,45		0,17	13,57	3,45	0,33	Não
13	Quarto C	VE1	Oeste	3,45		0,17	14,80	5,25	0,24	Não
14	Quarto C	VE1	Este	1,80		0,16	14,80	5,25	0,24	Não
15	Casa de Banho A	VE1	Norte	1,11		0,17	6,66	0,69	-	Não
16	Casa de Banho A	VE1	Sul	0,69		0,17	6,66	0,69	0,56	Não
17	Casa de Banho B	VE1	Norte	1,11		0,17	6,77	0,00	-	Sim

Vãos Opacos Exteriores

Identificação do Tipo de Solução		Tipo de Solução
Vão opaco exterior - Tipo		Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada		U Solução (W/m²·°C)
VOE1	Vão Opaco Exterior - Tipo 1	Porta THERMOPLUS da marca HORMANN, modelo 015, cor clara.		0,87

Designação do Tipo de Solução	Orientação	Área (m²)	U Solução (W/m²·°C)	U referência (W/m²·°C)	U máximo (W/m²·°C)
VOE1	Norte	1,80	0,87	0,50	-
VOE1	Oeste	2,00	0,87	0,50	-
VOE1	Sul	3,00	0,87	0,50	-

Designação do Tipo de Solução	Áreas por orientação (m2)								Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO				
VOE1	1,80	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	2,00	0,00	6,80	0,87	0,50	-

Pavimentos Têrreos

Tipo de Solução

Pavimentos Enterrados

Tipo de Solução

Designação	Profundidade, Z (m)	Área (m²)	U (W/m²·°C)	U <sub>Ref</sub> (W/m²·°C)

Paredes Enterradas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área Total (m²)

Designação	Profundidade, Z (m)	Área (m²)	U (W/m²·°C)	U <sub>Ref</sub> (W/m²·°C)

Pontes Térmicas Lineares Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Método	Comprimento (m)	Psi solução (w/m. °C)	Psi referência (w/m. °C)
PTLE1	Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido com isolamento sobre o pavimento	Valores Tabelados	74,79	0,35	0,50

PTLE2	Fachada com cobertura e isolamento sobre a laje de cobertura	Valores Tabelados	74,79	1,00	0,50
PTLE3	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Valores Tabelados	26,7	0,50	0,40
PTLE4	Fachada com caixilharia e o isolante térmico da parede contacta com a caixilharia	Valores Tabelados	110,34	0,10	0,20

Envolvente Interior

Definição da Envolvente Interior

<sup>(16)</sup> Ventilação fraca do espaço não útil se este tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas e ventilação forte do espaço não útil se este é permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do btr de acordo com a norma 13789?	b <sub>tr</sub> calculado	A <sub>i</sub> /A <sub>o</sub>	Volume do ENU m <sup>3</sup>	Ventilação <sup>(16)</sup>	b <sub>tr</sub>
Edifício Adjacente			-	-	-	0,60
Vazio sanitário	Não		0.5≤ A <sub>i</sub> /A <sub>o</sub> <1	50 < V ≤ 200	Forte	1,00
Garagem	Não		A <sub>i</sub> /A <sub>o</sub> < 0.5	50 < V ≤ 200	Forte	1,00
						-

Paredes interiores - Soluções correntes; pontes térmicas planas e vãos opacos

Parede Interior - Ponte Térmica Plana ou Vão Opaco?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Parede Interior - Tipo 1	Parede simples com isolamento térmico pelo interior
Vão Opaco	Vão Opaco - Tipo	Não aplicável

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> ·°C)
PD11	Parede Interior - Tipo 1	Paredes interiores na zona fronteiriça com a garagem são constituídas por reboco interior com 2 cm, alvenaria de tijolo vazado com 7 cm, poliestireno extrudido com 6 cm e acabamento em reboco com 2 cm.	0,48

VOI1	Vão Opaco - Tipo	Porta corta-fogo e de segurança WAT da marca HORMANN, modelo 015.					1,80

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	btr	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m²)	Área envidraçada (m²)	U Solução (W/m²·°C)	Área Efectiva (m²)	URef (W/m²·°C)	UMáx (W/m²·°C)
PD11	Garagem	1,00		16,51	0,00	0,48	16,51	0,50	0,50
VOI1	Garagem	1,00		1,80	0,00	1,80	1,80	0,50	-

Designação do Tipo de Solução	btr	Área por btr (m²)	U Solução (W/m²·°C)	URef (W/m²·°C)	UMáx (W/m²·°C)
PD11	1,00	16,51	0,48	0,50	0,50
VOI1	1,00	1,80	1,80	0,50	-

Pavimentos Interiores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução
Solução Corrente	Pavimento Interior - Tipo 1	Pavimento com isolamento térmico pelo interior

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m²·°C)
PVI1	Pavimento Interior - Tipo 1	Tecnologia que permite a ventilação e ao mesmo tempo a redução dos níveis de concentração de Radão, denominada de CUPOLEX. Constituído por Revestimento interior com 1 cm, betão leve com 2 cm, 8 cm de poliestireno extrudido, betão armado com 10 cm, cupoalex com 30 cm e 5 cm de betão de limpeza	0,40

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	btr	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	Udesc (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Uref (W/m <sup>2</sup> ·°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> ·°C)
PV1	Vazio sanitário	1,00		184,3	0,40	0,40	0,40

Designação do Tipo de Solução	btr	Área Total (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> ·°C)	U referência (W/m <sup>2</sup> ·°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> ·°C)
PV1	1,00	184,27	0,40	0,40	0,40

Coberturas Interiores - Soluções correntes e pontes térmicas planas

Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução

Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> ·°C)



Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	btr	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Uref (W/m <sup>2</sup> ·°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> ·°C)

Vãos Envidraçados Interiores

Tipo de Janela	Tipo de solução caixilharia 1	Tipo de solução caixilharia 2

Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Tipo de Protecção	Descrição da Protecção	Uwdn (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Uref (W/m <sup>2</sup> ·°C)



Localização	Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	btr	Área (m <sup>2</sup> )	Uwdn (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Uref (W/m <sup>2</sup> ·°C)



Pontes Térmicas Lineares Interiores

Designação da Solução	Espaço não útil	btr	Tipo de Solução	Método	Comprimento (m)	Psi solução (w/m.°C)	Psi referência (w/m.°C)
PTU1	Garagem	1	Fachada com pavimento sobre o exterior ou local não aquecido com isolamento sobre o pavimento	Valores Tabelados	6,5	0,5	0,5
PTU2	Garagem	1	Fachada com cobertura e isolamento sobre a laje de cobertura	Valores Tabelados	6,5	0,8	0,5
PTU3	Garagem	1	Duas paredes verticais em ângulo saliente	Valores Tabelados	2,6	0,4	0,4

Ventilação

Sistema de Ventilação

Não cumpre a norma 1037-1

Tem aberturas de admissão de ar na fachada?

Sim Não

Tipo de Abertura			
Fixa ou regulável manualmente	<input checked="" type="checkbox"/>	Área Livre (cm2)	750
Auto-regulável a 2Pa	<input type="checkbox"/>	Caudal (m³/h)	
Auto-regulável a 10Pa	<input type="checkbox"/>	Caudal (m³/h)	
Auto-regulável a 20Pa	<input type="checkbox"/>	Caudal (m³/h)	

Existem condutas de ventilação natural sem obstruções significativas?

Sim Não

Existem meios mecânicos?

Sim Não

Existem meios híbridos?

Sim Não

É possível efetuar arrefecimento noturno com janelas?

Sim Não

Exportação/Importação de dados para a APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS

Rph Estimada (h <sup>-1</sup> )	Rph mínimo (h <sup>-1</sup> )	Rph, i (h <sup>-1</sup> )	Rph, v (h <sup>-1</sup> )
Efectuar o cálculo na ferramenta desenvolvida pelo LNEC designada " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS"			
0,50	0,40	0,50	0,60
Descrição da Solução de Ventilação			
Aberturas de admissão de ar existentes nas instalações sanitárias			
Caract. restantes			
447			

Sistemas Técnicos

Existem Sistema Técnicos?

Sim Não

Os chuveiros ou sistemas de ducha da fracção possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior??

Electricidade, Gás (natural, propano, butano), Gasóleo, Biomassa (sólida, líquida, gasosa)

[illegible]

Informação adicional - sistemas técnicos

Identificação do Sistema	Data de instalação Equipamento/Sistema	Designação Comercial do Instalador	Telefone do Instalador	Email do Instalador	Registo de manutenção do sistema?	Data da Manutenção
Sistema 1						
Sistema 2						
Sistema 3						

Balanco energético

Indicadores energéticos

Sigla	Descrição	Valor	Referência
Ntc	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m2.ano)	34,03	52,46
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m2.ano)	9,80	9,13
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2377	2377
Wrm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)		0,00
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	1414	1414
Eren,ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		0,00
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh/m2.ano)	52,28	81,05
Ntc/Nt			0,65
Classe Energética			B

Indicadores de desempenho

	Valor de Referência (kWh/m2.ano)	Valor do Edifício (kWh/m2.ano)	Renovável (%)
Aquecimento	58,95	38,24	0,00
Arrefecimento	3,04	3,27	0,00
AQS	14,50	13,55	56,66
Energia Renovável (%)		13,94	
Emissões de CO2 (t/ano)			2,39

## Dados Climáticos

Graus-dia	1.116		
Zona Climática de Inverno	I1	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	10,5	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	20,9
Duração da estação de aquecimento (meses)	6,0	Duração da estação de arrefecimento (meses)	4,0

## Indicadores de aquecimento

Paredes (W/°C)				PTP (W/°C)		Portas (W/°C)		PTL (W/°C)	
Hext	Henu,adj	Hecs	0,00	Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj
64,56	7,92	0,00		6,83	0,00	5,92	3,24	125,35	9,49
Coberturas (W/°C)				Pavimentos (W/°C)		Vãos envidraçados (W/°C)		Renovação de Ar (W/°C)	
Hext	Henu,adj			Hext	Henu,adj	Hext	Henu,adj		Hve
68,18	0,00			0,00	73,71	134,60	0,00		82,77

## Indicadores de arrefecimento

Paredes (kWh)		Coberturas		Portas (kWh)		Vãos Envidraçados (kWh)		Ganhos Internos (kWh)	
Qsol,v EXT	Qsol, Desv	Qsol,v EXT	Qsol, Desv	Qsol,v EXT		Qsol,v EXT		Qint,v	
445,19	0,00	1090,88	0,00	20,45		4145,74		2158,17	

## Medidas de Melhoria

Este CE/PCE inclui Medidas de Melhoria? ☒ Sim ☐ Não

Justificação para a ausência de Medidas de Melhoria

## Documentos

### Documentos

#### RELATÓRIO DO PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

Relatório do perito

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 3 MB, formato pdf

#### FOLHAS DE CÁLCULO

Folha de cálculo regulamentar

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1,5 MB, formato pdf

Levantamento

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 2 MB, formato pdf

Folha de cálculo da ventilação

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1.5 MB, formato pdf

Relatório Solterm

Escolher ficheiro

Tamanho máximo de 1 MB, formato pdf

Notas e Observações

Caract. restantes
2048

## Sistemas

	O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso?	Não	Qual?
--	--	-----	-------

	Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ ?	Sim
--	--	-----

	Os chuveiros ou sistemas de duche da fracção possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?	Não
--	--	-----

<sup>(1)</sup> caso o edifício se encontre abrangido pela rede urbana CLIMAESPACO devem ser considerados os sistemas por defeito.

AQUECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Sistema 2	Caldeira a combustível líquido ou gasoso		0,89	100,00		-	-
						-	-
						-	-
						-	-
						-	-
Sistema 1	Solar Térmico	Sim	100	0,0	Novo	-	-
0	0	Sim	100	0,0	Novo	-	-
0	0	Sim	100	0,0	Novo	-	-
0	0	Sim	100	0,0	Novo	-	-
0	0	Sim	100	0,0	Novo	-	-
	Sistema por defeito		1	0	Novo	-	1

ARREFECIMENTO Designação do Sistema	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Sistema 3	Electricidade		3	100		-	-
						-	-
						-	-
						-	-
						-	-
Sistema 1	Renovável Térmica	Sim	100	0,0	Novo	-	-
0	0	Sim	100	0,0	Novo	-	-
0	0	Sim	100	0,0	Novo	-	-
0	0	Sim	100	0,0	Novo	-	-
0	0	Sim	100	0,0	Novo	-	-
	Sistema por defeito		3,00	0	Novo	-	3,00

PRODUÇÃO DE AQS Designação do Sistema	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Sistema 2	Caldeira a combustível líquido ou gasoso		0,89	100		-	-
						-	-

ENERGIA RENOVÁVEL PRODUZIDA PARA CONSUMO	Fonte de Energia Renovável	Térmica ou eléctrica?	Contribuição Anual $E_{ren}$ kWh/ano	Parcela p/ aquecimento %	Parcela p/ arrefecimento %	Parcela p/ AQS %	Parcela p/ Ventilação %
Designação do Sistema							
Sistema 1	Solar Térmico	Renovável Térmica	1414,40			100	
			0,00				
			0,00				
			0,00				
			0,00				
	Caldeira a combustível sólido; recuperador ou salamandra	Biomassa	0	0%	0%	0%	0%
			0	0%	0%	0%	0%



(ii) A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se  $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

(iii) A face interior do revestimento exterior é de baixa emissividade se  $\epsilon \leq 0.2$

## Envolvente Exterior:

PAREDES EXTERIORES		Descrição	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação <sup>(i)</sup>	Emissividade <sup>(ii)</sup>	Área m <sup>2</sup>	Pala horizontal $\alpha$ °	Pala vertical à esquerda $\beta_{eq}$ °	Pala vertical à direita $\beta_{dir}$ °	U W/m <sup>2</sup> ·°C	U <sub>REF</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C
		PDE1	Norte	Clara	Não			43,46				0,45	0,50
		PDE1	Oeste	Clara	Não			31,54				0,45	0,50
		PDE1	Sul	Clara	Não			39,92				0,45	0,50
		PDE1	Este	Clara	Não			28,54				0,45	0,50
		PTPPDE1	Norte	Clara	Não			0,34				0,83	0,50
		PTPPDE1	Oeste	Clara	Não			1,71				0,83	0,50
		PTPPDE1	Sul	Clara	Não			0,65				0,83	0,50
		PTPPDE2	Norte	Clara	Não			2,13				0,83	0,50
		PTPPDE2	Oeste	Clara	Não			1,19				0,83	0,50
		PTPPDE2	Sul	Clara	Não			2,21				0,83	0,50
			-					-				-	-

PAVIMENTOS EXTERIORES		Descrição	Área m <sup>2</sup>	U <sub>decente</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	U <sub>REF</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C
			-	-	-

COBERTURAS EXTERIORES		Descrição	Cor	Revestimento com caixa-de-ar ventilada?	Grau de ventilação <sup>(i)</sup>	Emissividade <sup>(ii)</sup>	Área m <sup>2</sup>	U <sub>decente</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	U <sub>decente</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	U <sub>REF</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C
		CBE1	Média	Não			184,27	0,37	0,37	0,40
							-	-	-	-

VÃO ENVIRAÇADOS EXTERIORES	Descrição	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Tipo de vidro	ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO/ARREFECIMENTO				Sombreamento Arrefecimento = Sombreamento Aquecimento?	ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO		
						Obstrução do Horizonte α°	Pala horizontal α°	Pala vertical à esquerda βesq °	Pala vertical à direita βdir °		Pala horizontal α°	Pala vertical à esquerda βesq °	Pala vertical à direita βdir °
	1 (VE1)	Oeste	0,68	Não	Duplo	20	0	0	0	Sim			
	2 (VE1)	Oeste	2,10	Não	Duplo	20	0	0	0	Sim			
	3 (VE1)	Sul	18,00	Não	Duplo	20	0	38	0	Sim			
	4 (VE1)	Sul	7,00	Não	Duplo	20	0	55	16	Sim			
	5 (VE2)	Horizontal	1,00	Não	Duplo	0	0	0	0	Sim			
	6 (VE1)	Norte	5,50	Não	Duplo	Isento	Isento	Isento	Isento	Sim			
	7 (VE1)	Este	3,50	Não	Duplo	49	0	38	70	Sim			
	8 (VE1)	Este	3,50	Não	Duplo	49	0	66	31	Sim			
	9 (VE1)	Este	3,50	Não	Duplo	49	0	39	48	Sim			
	10 (VE2)	Horizontal	4,63	Não	Duplo	0	0	0	0	Sim			
	11 (VE1)	Oeste	3,45	Não	Duplo	20	0	0	84	Sim			
	12 (VE1)	Oeste	3,45	Não	Duplo	20	0	0	76	Sim			
	13 (VE1)	Oeste	3,45	Não	Duplo	20	0	0	65	Sim			
	14 (VE1)	Este	1,80	Não	Duplo	49	0	27	79	Sim			
	15 (VE1)	Norte	1,11	Não	Duplo	Isento	Isento	Isento	Isento	Sim			
	16 (VE1)	Sul	0,69	Não	Duplo	14	0	0	0	Sim			
	17 (VE1)	Norte	1,11	Não	Duplo	Isento	Isento	Isento	Isento	Sim			
		-	-										

(continuação)

<sup>(iii)</sup> Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão.

<sup>(iv)</sup> Factor solar global do vão com todos os dispositivos de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

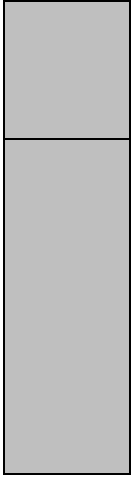
<sup>(v)</sup> Factor solar global do vão com todos os dispositivos de proteção solar permanentes totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.



(continuação)



(continuação)

**Elementos em contacto com o solo - CÁLCULO DE ACORDO COM A EN13370:2007**

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo $\lambda^{(vi)}$ ?						2,0	$W/(m \cdot ^\circ C)$
--	--	--	--	--	--	-----	------------------------

<sup>(vi)</sup> A Norma EN 13370 recomenda o uso de  $\lambda=2,0 W/(m \cdot ^\circ C)$  se a condutibilidade térmica do solo é desconhecida.

<sup>(vii)</sup> Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z50) com ou sem isolamentos térmico perimetral.

PAVIMENTOS TERREOS (z≤0) <sup>(vii)</sup>	Área	R <sub>t</sub>	Perímetro Exposto P	Espessura da parede exposta w	Isolamento Perimetral?	Horizontal ou Vertical?	Espessura do Isol. dn	Extensão de Isol. D	U <sub>f,req</sub>	U <sub>f,req,REF</sub>
Descrição	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> ·°C/W	m	(m)			m	m	W/m <sup>2</sup> ·°C	W/m <sup>2</sup> ·°C
									-	0,50

PAVIMENTOS ENTERRADOS (z>0)	Área	Profundidade média z	R <sub>t</sub>	Perímetro Exposto P	Espessura da parede exposta w	U <sub>f,f</sub>	U <sub>f,REF</sub>
Descrição	m <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup> ·°C/W	m	(m)	W/m <sup>2</sup> ·°C	W/m <sup>2</sup> ·°C
	-					-	0,50

PAREDES ENTERRADAS	Área	Profundidade média z	R <sub>w</sub>	R <sub>f</sub>	Espessura da parede exposta w	U <sub>hw</sub>	U <sub>hw,REF</sub>
Descrição	m <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup> ·°C/W	m <sup>2</sup> ·°C/W	(m)	W/m <sup>2</sup> ·°C	W/m <sup>2</sup> ·°C
						-	0,50

**Pontes Térmicas Lineares (envolvente exterior)**

<sup>(viii)</sup> Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear  $\Psi$  apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	Comp. B <sup>(viii)</sup>	Cálculo de acordo com?	$\Psi$ calculado	Informações adicionais	Sistema de isolamento nas paredes	$\Psi$	$\Psi_{REF}$
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	74,79	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o pavimento?	Repartido ou na calçada-de-ar	0,35	0,5
Fachada com cobertura	74,79	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o cobertura?	Repartido ou na calçada-de-ar	1,00	0,5
Duas paredes verticais em ângulo saliente	26,70	Valores Tabelados		-	Repartido ou na calçada-de-ar	0,50	0,4
Fachada com caixilharia	110,34	Valores Tabelados		Isol. contacta com a caixilharia?	Repartido ou na calçada-de-ar	0,10	0,2
				-		-	-

**Definição da Envolvente Interior**

<sup>(ix)</sup> Ventilação fraca do espaço não útil se este tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas e ventilação forte do espaço não útil se este é permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas.

ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do btr de acordo com a norma 13789?	b <sub>tr</sub> calculado	A/A <sub>u</sub>	Volume do ENU m <sup>3</sup>	Ventilação (ix)	b <sub>tr</sub>
Edifício Adjacente			-	-	-	0,60
Vazio sanitário	Não					1,00
Garagem	Não					1,00
						-

## Envolvente Interior

PAREDES INTERIORES	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	U <sub>REF</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C
PD11	Garagem	16,51	0,48	0,50
VO11	Garagem	1,80	1,80	0,50
				-

PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM EDIFÍCIO ADJACENTE	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	U <sub>REF</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C
				-

PAVIMENTOS INTERIORES	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área m <sup>2</sup>	U <sub>descendente</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	U <sub>REF</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C
PV11	Vazio sanitário	184,27	0,40	0,40
				-

<sup>(ix)</sup> A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se  $\Delta > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$  e considera-se fracamente ventilada se  $500 \text{ mm}^2/\text{m}^2 > \Delta \leq 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$ , <sup>(xi)</sup> baixa emissividade se  $\epsilon \leq 0,2$

COBERTURAS INTERIORES	Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área da cob. interior m <sup>2</sup>	U <sub>descendente</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	Área da cob. interior m <sup>2</sup>	U <sub>ascendente</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	CAMPOS A PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO				U <sub>REF</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C
							Cor da cob. Exterior	Grau de ventilação (xi)	Emissividade (xi)	U <sub>descendente</sub> W/m <sup>2</sup> ·°C	
											-

<sup>(ix)</sup> Na ESTÇÃO DE AQUECIMENTO considera-se que os elementos opacos da envolvente exterior do ENU causam sombreamento ao vão interior; <sup>(xiii)</sup> Na ESTÇÃO DE ARREFECIMENTO assume-se que a envolvente exterior do ENU não provoca sombreamento ao vão interior.

VÃOS ENVIDRAÇADOS INTERIORES EM CONTACTO COM SOLÁRIOS, MARQUES, JARDINS DE INVERNO, ETC.	Descrição	Orientação	Área m <sup>2</sup>	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Tipo de vidro	Obstrução do Horizonte $\alpha_h$	ESTÇÃO DE AQUECIMENTO (xii)				ESTÇÃO DE ARREFECIMENTO (xiii)			
							Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{eq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dr}$	Pala horizontal $\alpha$	Pala vertical à esquerda $\beta_{eq}$	Pala vertical à direita $\beta_{dr}$		

VÃOS ENVIDRAÇADOS INTERIORES EM CONTACTO	Vão interior em contacto c/ ENU	Vão exterior do ENU	U <sub>REF</sub>

COM SOLÁRIOS, MARQUISES, JARDINS DE INVERNO, ETC. Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Factor Solar do vidro $g_{v,i, int}$	FS Global Prot. Perm. e Móveis $g_{L,T, int}$	FS Global Prot. Perm. $g_{p, int}$	Fracção Envidraçada $F_{g, int}$	$U_{win}$ $W/m^2 \cdot ^\circ C$	Factor Solar do vidro $g_{L,v,i, ENU}$	FS Global Prot. Perm. $g_{p, ENU}$	Fracção Envidraçada $F_{g, ENU}$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
										-

VÃOS ENV. INTERIORES EM CONTACTO COM OUTROS ESPAÇOS NÃO-ÚTEIS Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Área $m^2$	$U_{win}$ $W/m^2 \cdot ^\circ C$	$U_{REF}$ $W/m^2 \cdot ^\circ C$
				-

Pontes Térmicas Lineares (envolvente interior)

<sup>(RM)</sup> Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear  $\psi$  apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Comprimento $B^{(RM)}$ $m$	Cálculo de acordo com?	$\psi$ calculado $W/m \cdot ^\circ C$	Informações adicionais	Sistema de isolamento nas paredes	$\psi$ $W/m \cdot ^\circ C$	$\psi_{REF}$ $W/m \cdot ^\circ C$
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	Garagem	6,50	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o pavimento?	Exterior	0,50	0,5
Fachada com cobertura	Garagem	6,50	Valores Tabelados		Isol. sob/sobre o cobertura?	Exterior	0,80	0,5
Duas paredes verticais em ângulo saliente	Garagem	2,60	Valores Tabelados		-	Exterior	0,40	0,4
					-		-	-

**FICHA N.º 1**  
**REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**  
**DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)**  
 (nos termos da alínea d) do n.º 1.1)

**Câmara Municipal de** Vila Nova de Gaia

**Edifício**

Empreendimento: Morada - Gulpilhares Nº de fracções: \_\_\_\_\_  
 Morada: Gulpilhares  
 Freguesia: \_\_\_\_\_ Concelho: Vila Nova de Gaia

**Tipo de intervenção**

☒ Edifício Novo    ☐ Grande intervenção  
 (a preencher com base na informação do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m <sup>2</sup> )	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia
-	184,27	2,64	T3

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Ni (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nvc (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Nv (kWh/(m <sup>2</sup> .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	Nt (kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .ano))	E <sub>ren,p</sub> (kWh/ano)(*)	E <sub>ren,ext</sub> (kWh/ano)(**)
-	0,50	34,03	52,46	9,80	9,13	2377	52,28	81,05	1414	0

(\*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(\*\*) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E<sub>ren,p</sub>.

**Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico**

Nome: Luís Miguel Gonçalves Lemos  
 Inscrito na: Ordem dos Engenheiros Número de inscrição: xxxxxxxxxxxxxxxx  
 Assinatura: \_\_\_\_\_



[illegible][illegible]

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES			VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		
Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	UA W/°C	Área A m <sup>2</sup>	U W/m <sup>2</sup> ·°C	UA W/°C
1 (VE1)	2,10	1,43	1 (VE1)	2,80	1,09
2 (VE1)	2,10	4,41	2 (VE1)	2,80	3,36
3 (VE1)	2,10	37,80	3 (VE1)	2,80	28,81
4 (VE1)	2,10	14,70	4 (VE1)	2,80	11,20
5 (VE2)	1,00	1,96	5 (VE2)	2,80	1,60
6 (VE1)	5,50	11,55	6 (VE1)	2,80	8,80
7 (VE1)	3,50	7,35	7 (VE1)	2,80	5,60
8 (VE1)	3,50	7,35	8 (VE1)	2,80	5,60
9 (VE1)	3,50	7,35	9 (VE1)	2,80	5,60
10 (VE2)	4,63	9,07	10 (VE2)	2,80	7,41
11 (VE1)	3,45	7,25	11 (VE1)	2,80	5,52
12 (VE1)	3,45	7,25	12 (VE1)	2,80	5,52

[illegible][illegible]



[illegible]

Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H_{ext}$

405,43	W/°C
--------	------

*Coefficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior  $H$*

377,49 W/°C

## A.2 - ENVOLVENTE INTERIOR

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior $H_{int}$				Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior $H_{int}$			
W/°C				W/°C			
94,36				90,40			
A.3 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO				A.8 - ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO			
PAREDES ENTERRADAS		Área m <sup>2</sup>	$U_{low}$ W/m <sup>2</sup> ·°C	$A \cdot U_{low}$ W/°C	PAREDES ENTERRADAS		
		-	-	-			
		-	-	-			
		-	-	-			
		-	-	-			
TOTAL		-	-	-	TOTAL		0,00
				TOTAL			
				0,00			

[illegible]

PAVIMENTOS TÉRREOS					
Incluir os pavimentos em contacto com o solo do nível do pavimento exterior (projetado e zsu) com ou sem isolamentos térmicos, onde aplicável.			Incluir os pavimentos em contacto com o solo do nível do pavimento exterior (projetado e zsu) com ou sem isolamentos térmicos, onde aplicável.		
Área m <sup>2</sup>	U <sub>t</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U./t W/°C	Área m	U <sub>t</sub> W/m <sup>2</sup> .°C	A.U./t W/°C
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
TOTAL	TOTAL	0,00	TOTAL	TOTAL	0,00

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H<sub>eq3</sub> W/°C

A.4 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO		A.9 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. AQUECIMENTO	
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	$4,05,43$ +	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext,RP}$	$377,49$ +
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{int} + H_{adj}$	$94,36$ +	Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{int,RP} + H_{adj,RP}$	$90,40$ +
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs}$	$0,00$ =	Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs,RP}$	$0,00$ =
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	$499,80$	Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr,RP}$	$467,89$

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO		A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO	
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext}$	405.43	W/°C	
+			
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{int}$	94.36	W/°C	
+			
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ec}$	0.00	W/°C	
=			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr}$	499.80	W/°C	
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext(RP)}$		377.49	W/°C
+			
Coeficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{int(RP)}$		90.40	W/°C
+			
Coeficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ec(RP)}$		0.00	W/°C
=			
Coeficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr(RP)}$		467.89	W/°C

## Folha de Cálculo B

### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

### TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

#### B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &\text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,V} = \frac{1}{0} \times \\
 &\text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} = \frac{0}{243,45} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &R_{gh,i} \cdot A_p \cdot P_d = \frac{243,45}{1,00} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,i} = \frac{0,34}{1,00} \times \\
 &\text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{gh,i} = \frac{0,34}{0,50} \text{ h}^{-1} \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p = \frac{184,27}{2,64} \text{ m}^2 \\
 &\text{Pé direito médio da fração } P_d = \frac{2,64}{82,77} \text{ m} \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} = 82,77 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } I_{gh,i,REF} = \frac{0,34}{0,50} \text{ h}^{-1} \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p = \frac{184,27}{2,64} \text{ m}^2 \\
 &\text{Pé direito médio da fração } P_d = \frac{2,64}{82,77} \text{ m} \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } I_{ve,i,REF} = 82,77 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

#### B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &\text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,V} = \frac{1}{0} \times \\
 &\text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} = \frac{0}{292,14} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &R_{gh,v} \cdot A_p \cdot P_d = \frac{292,14}{1,00} \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,v} = \frac{0,34}{1,00} \times \\
 &\text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{gh,v} = \frac{0,34}{0,60} \text{ h}^{-1} \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p = \frac{184,27}{2,64} \text{ m}^2 \\
 &\text{Pé direito médio da fração } P_d = \frac{2,64}{99,33} \text{ m} \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} = 99,33 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$





UNIVERSIDADE DE COIMBRA

[illegible]

Em nenhum caso o produto  $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$  deve ser menor que 0.27;  
Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto  $F_o \cdot F_f$  deve ser inferior ou igual a 0.9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

[illegible]

No cálculo de  $g_{i,int}$  e  $g_{i,ENU}$  não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento,  $g_i$  será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal  $g_{\perp,vi}$ , afectado do factor de selectividade angular  $F_{wi}$ .

$$\begin{aligned}
 &\text{Área efectiva total equivalente na orientação a Sul} \quad 8,57 \text{ m}^2 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul } G_{\text{sul}} \quad 130 \text{ kWh/m}^2.\text{mês} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da estação de aquecimento } M \quad 6,03 \text{ meses} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos solares brutos } Q_{\text{sol},i} \quad 6722,97 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

### C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{\text{int},i}$	3201,17	kWh/ano
	+	
Ganhos solares brutos $Q_{\text{sol},i}$	6722,97	kWh/ano
	-	



Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

## C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul  $G_{sul}$   kWh/m<sup>2</sup>.mês

x

0,182

x

0,2

x

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

x

Duração da estação de aquecimento  $M$   meses

=

Ganhos solares brutos  $Q_{sol,i}$   kWh/ano

+

Ganhos internos brutos  $Q_{int,i}$   kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano



### GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

Ganhos internos médios q <sub>int</sub>	4	W/m <sup>2</sup>
Estação de arrefecimento L <sub>v</sub>	2928	horas
Área útil de pavimento A <sub>p</sub>	184,27	m <sup>2</sup>
	÷ 1000 =	
Ganhos internos brutos Q <sub>int,v</sub>	2158,17	kWh/ano

## VÃOS ENVIDRAÇADOS

[illegible]

Admita-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que a ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores  $F_{\text{v,i}}$  é igual a 1. Caso o vão exterior do ENU não disponha de dispositivos de proteção solar permanentes o factor solar  $g_{\text{v,ENU}}$  é igual a 1.

PAREDE EXTERIOR	Orientação	Coefficiente de absorção $\alpha$	Área $A_{op}$	U	$R_{se}$	Área efectiva $A_s = \alpha \cdot U \cdot A_{op} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_s = F_{s1} \cdot F_{s2} \cdot F_{s3}$	Intensidade da Radiação $I_{sol}$	$I_{sol} \cdot F_s \cdot A_s$
			m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> ·°C	(m <sup>2</sup> ·°C)/W	m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup> ·ano	kWh/ano
	PDE1	Norte	0,40	43,46	0,45	0,31	1,00	220,00	68,84
	PDE1	Oeste	0,40	31,54	0,45	0,23	1,00	490,00	111,27
	PDE1	Sul	0,40	39,92	0,45	0,29	1,00	425,00	122,16
	PDE1	Este	0,40	28,54	0,45	0,21	1,00	490,00	100,69
	PTPPDE1	Norte	0,40	0,34	0,83	0,00	1,00	220,00	0,99
	PTPPDE1	Oeste	0,40	1,71	0,83	0,02	1,00	490,00	11,13
	PTPPDE1	Sul	0,40	0,65	0,83	0,01	1,00	425,00	3,67
	PTPPDE2	Norte	0,40	2,13	0,83	0,03	1,00	220,00	6,22
	PTPPDE2	Oeste	0,40	1,19	0,83	0,02	1,00	490,00	7,74

[illegible]

Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente envidraçada 4145,74 kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos pelos elementos da envolvente opaca 1556,52 kWh/ano  
 =  
 Ganhos Solares brutos  $Q_{sol,v}$  5702,26 kWh/ano

### D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos  $Q_{int,v}$  2158,17 kWh/ano  
 +  
 Ganhos solares brutos  $Q_{sol,v}$  5702,26 kWh/ano  
 =  
 Ganhos térmicos brutos  $Q_{B,v}$  7860,43 kWh/ano

### D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios  $q_{int}$  4 W/m<sup>2</sup>  
 x  
 Duração da Estação de Arrefecimento  $L_v$  2928 horas  
 ÷  
 1000  
 +  
 factor solar de verão de referência  $q_{v,REF}$  0,43  
 x  
 $A_w/A_{p,REF}$  0,2  
 x  
 Radiação solar média de referência  $I_{sol,REF}$  490 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
 =  
 53,85 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
 x  
 Área útil de Pavimento  $A_p$  184,27 m<sup>2</sup>  
 =  
 Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento  $Q_{g,v,REF}$  9923,31 kWh/ano

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_T &= \boxed{499,80} \text{ W/}^\circ\text{C} + \boxed{82,77} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,i} &= \boxed{582,57} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} &= \boxed{582,57} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 0,024 \times \boxed{1\,116} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{T,i} &= \boxed{499,80} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{T,i} &= \boxed{13\,381,74} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 0,024 \times \boxed{1\,116} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,i} &= \boxed{82,77} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re,i} &= \boxed{2\,216,18} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} \text{Inércia do edifício } I_{ed} &= \boxed{\text{Forte}} \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} &= \boxed{9924,14} \text{ kWh/ano} \\ \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{T,i} + Q_{re,i} &= \boxed{15597,91} \text{ kWh/ano} \\ \text{parâmetro } \gamma_i &= \boxed{0,64} \\ \text{parâmetro ai} &= \boxed{4,20} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{T,REF} &= \boxed{467,89} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,REF} &= \boxed{82,77} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,REF} &= \boxed{550,67} \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 0,024 \times \boxed{1\,116} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{T,REF} &= \boxed{467,89} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{T,REF} &= \boxed{12527,56} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 0,024 \times \boxed{1\,116} \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,REF} &= \boxed{82,77} \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{re,REF} &= \boxed{2216,18} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_i$

x

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i}$   kWh/ano

=

Ganhos totais úteis  $Q_{g,u,i}$   kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento  $Q_{t,i}$   kWh/ano

+

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento  $Q_{w,i}$   kWh/ano

-

Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento  $Q_{g,u,i}$   kWh/ano  
(folha de cálculo 1.4)

=

Necessidades Anuais na estação de aquecimento  kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento  $N_e$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

Factor de utilização dos ganhos  $\eta_{REF}$

x

Ganhos térmicos brutos  $Q_{g,i,REF}$   kWh/ano

=

Ganhos totais úteis  $Q_{g,u,i,REF}$   kWh/ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento  $Q_{t,i,REF}$   kWh/ano

+

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento  $Q_{w,i,REF}$   kWh/ano

-

Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento  $Q_{g,u,i,REF}$   kWh/ano

=

Necessidades Anuais na estação de aquecimento  kWh/ano

÷

Área útil de pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>

=

Límite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento  $N_e$   kWh/m<sup>2</sup>.ano

## Folha de Cálculo F

## LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

## NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

## F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_T \quad \boxed{499,80} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad \boxed{99,33} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad \boxed{599,12} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_T \quad \boxed{499,80} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &\times \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{4} \quad ^\circ\text{C} \\ &\times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \quad \text{horas} \\ &\div \\ &1000 \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{t,v} \quad \boxed{5\,999,95} \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

## F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad \boxed{99,33} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\ &\times \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{4} \quad ^\circ\text{C} \\ &\times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \quad \text{horas} \\ &\div \\ &1000 \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad \boxed{1\,192,40} \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

## F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Forte}} \\ &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{7\,860,43} \quad \text{kWh/ano} \\ &+ \\ &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{t,v} + Q_{re,v} \quad \boxed{7\,192,35} \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

## F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &= \\
 &\text{parâmetro } \gamma_v \quad 1,09 \\
 &\text{parâmetro } a_v \quad 4,20 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \quad 0,77
 \end{aligned}$$

$$\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \quad 0,83$$

#### F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &(1 - \eta_v) \quad 0,23 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \quad 7860,43 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 184,27 \quad \text{m}^2 \\
 &= \\
 &\text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{ac} \quad 9,80 \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

#### F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &(1 - \eta_{v,REF}) \quad 0,17 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} \quad 9923,31 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 184,27 \quad \text{m}^2 \\
 &= \\
 &\text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N \quad 9,13 \quad \text{kWh/m}^2 \cdot \text{ano}
 \end{aligned}$$

## LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

**G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA**

**G. 8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

**G. 8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA**

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA



Sistema por defeito	Electricidade	-	0,00	-	0,95	-	2,5	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,95	-	0,00	-	2,5	-	0,00	-	14,56
TOTAL																									

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica  $W_{vm}$   kWh/ano  
÷  
Área útil de Pavimento  $A_p$   m<sup>2</sup>  
x  
Factor de Conversão  $\phi_{of_{vm}}$   kWh<sub>ed</sub>/kWh  
=  
Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação  kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia Renovável Térmica	$E_{ren}/A_p$ kWh/m <sup>2</sup> .ano	Factor de Conversão $F_{ren}$ kWh <sub>ed</sub> /kWh	Energia primária convertida $E_{conv} F_{ren}$ kWh <sub>ed</sub> /m <sup>2</sup> .ano
Sistema 1	-	7,68	1	7,68
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
Biomassa	-	-	-	-
TOTAL				7,68

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento  kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
+  
Energia primária para arrefecimento  kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
+  
Energia primária para a preparação de AQS  kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
+  
Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica  kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
=  
Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável  kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
=  
Necessidades nominais anuais globais de energia primária  $N_p$   kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento  kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
+  
Energia primária para arrefecimento  kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
+  
Energia primária para a preparação de AQS  kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano  
=  
Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária  $N_p$   kWh<sub>ed</sub>/m<sup>2</sup>.ano

## Anexo K. Relatório – Software Solterm



-----

-----

-----

-----

4 módulos (2,6 m<sup>2</sup>)  
Inclinação 35° - Azimute Sul

Coeficientes de perdas térmicas:  $\alpha_1 = 4,120 \text{ W/m}^2/\text{K}$        $\alpha_2 = 0,014 \text{ W/m}^2/\text{K}^2$

Rendimento óptico: 73,0%

Modificador de ângulo transversal: a    0°    5°    10°    15°

[illegible]

20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°
80°	85°	90°									

0,99 0,98 0,98 0,97 0,96 0,95 0,93 0,91 0,88 0,84 0,79 0,70  
0,53 0,05 0,00;

-----

-----

Caudal no grupo painel/permutador: 46,0 l/m<sup>2</sup> por hora (-0,03

Depósito

Volume: 160 l  
Área externa: 2,60 m<sup>2</sup>

Material: médio condutor de calor

1

Posição deitada  
Deflectores interiores  
Coeficiente de perdas térmicas: 4,50 W/K

Um conjunto depósito/permutador

-----  
-----  
Tubagens  
-----  
-----

Comprimento total: 24,0 m  
Percurso no exterior: 24,0 m com protecção mecânica  
Diâmetro interno: 20,0 mm  
Espessura do tubo metálico: 1,0 mm  
Espessura do isolamento: 20,0 mm  
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K  
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

-----  
-----  
Carga térmica: segunda a sexta  
-----  
-----

RCCTE - residencial - 4 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem  
válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Set	Out	Nov	Dez						
		15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15						

Perfis de consumo (l)		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
hora		Nov	Dez						
Set	Out								
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18		160	160	160	160	160	160	160	160

160	160	160	160						
19									
20									
21									
22									
23									
24									
diário		160	160	160	160	160	160	160	160
160	160	160	160						

-----  
-----  
Carga térmica: fim-de-semana  
-----  
-----

RCCTE - residencial - 4 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Set	Out	Nov	Dez						
		15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15						

Perfis de consumo (l)

hora		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Set	Out	Nov	Dez						
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18		160	160	160	160	160	160	160	160
160	160	160	160						
19									
20									
21									
22									
23									
24									
diário		160	160	160	160	160	160	160	160
160	160	160	160						

-----  
 -----  
 Localização, posição e envolvente do sistema  
 -----

-----  
 Concelho de Vila Nova de Gaia  
 Coordenadas nominais: 41,1°N, 8,6°W  
 TRY para RCCTE/STE e SOLTERM ( LNEG(2009) [www.lneg.pt](http://www.lneg.pt)  
[solterm.suporte@lneg.pt](mailto:solterm.suporte@lneg.pt))  
 -----

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 35° - azimuth 0°  
 -----

-----  
 Balanço energético mensal e anual  
 -----

Carga	Apoio	Rad.Horiz. kWh/m²	Rad.Inclin. kWh/m²	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh
kWh	kWh				
Janeiro	51	84	,	83	
260	177				
Fevereiro	69	101	,	95	
234	139				
Março	105	128	,	117	
260	143				
Abril	144	156	,	142	
251	109				
Maio	173	170	,	153	
260	106				
Junho	185	173	,	159	
251	92				
Julho	205	196	,	186	
260	74				
Agosto	184	193	,	188	
260	72				
Setembro	129	151	,	153	
251	98				
Outubro	95	132	,	136	
260	124				
Novembro	61	99	,	99	
251	152				
Dezembro	48	83	,	82	
260	178				
-----					
Anual	1450	1667	,	1593	
3056	1463				

Fracção solar: 52,1%  
 Rendimento global anual do sistema: 37%  
 Produtividade: 613 kWh/[m² colector]

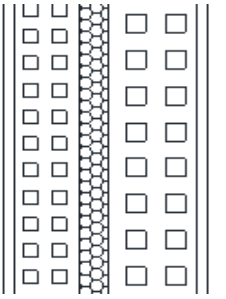
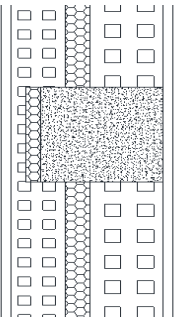
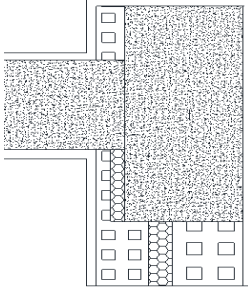
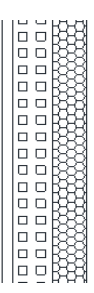
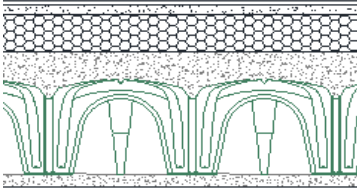
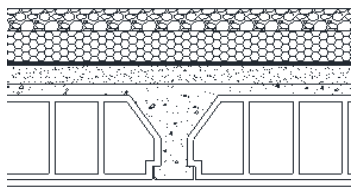


N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos  
 Energéticos (DLs 78,79,80/06)

## Anexo L. Soluções Construtivas – Hipótese I





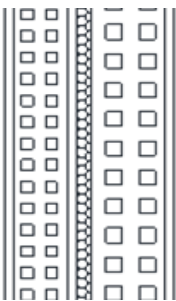
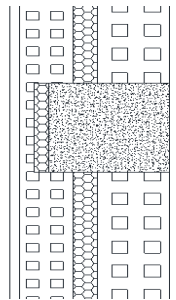
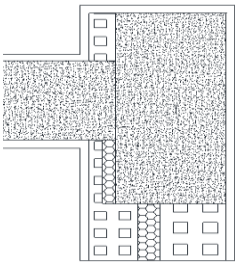
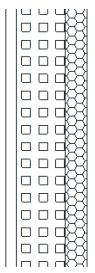
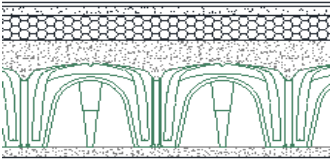
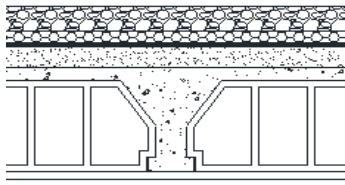


## Caraterísticas da Envolvente da Habitação - Hipótese 1

Elemento Construtivo	Pormenor Construtivo	Constituição									Espessura total [cm]	U [W/m2.°C]	Umax [W/m2.°C]	Uref [W/m2.°C]	Verificação
		Revestimento interior [cm]	Alvenaria interior [cm]	Poliestireno [cm]	Lámina de Ar [cm]	Betão Armado [cm]	Laje aligeirada [cm]	Betão leve [cm]	Alvenaria exterior [cm]	Revestimento Exterior [cm]					
Parede Exterior		2,00	11,00	5,00	----	----	----	----	15,00	2,00	35,00	0,45	0,50	0,50	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Pilar		2,00	3,00	3,00	----	25,00	----	----	----	2,00	35,00	0,83	0,90	----	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Viga		2,00	3,00	3,00	----	25,00	----	----	----	2,00	35,00	0,83	0,90	----	Verifica
Paredes Interiores – Zona de ENU		2,00	7,00	6,00	----	----	----	----	----	2,00	17,00	0,48	0,50	0,50	Verifica
Pavimento		1,00	----	8,00	----	10,00	----	2,00	----	0,00	21,00	0,40	0,40	0,40	Verifica
Cobertura		2,00	----	8,00	----	----	25,00	5,00	----	6,00	46,00	$U_{asc.}$ 0,37	0,40	0,40	Verifica
												$U_{desc.}$ 0,36			
Envidraçados Verticais		----	----	----	----	----	----	----	----	----	2,20	2,10	2,80	2,80	Verifica
Envidraçados Horizontais		----	----	----	----	----	----	----	----	----	2,20	$U_{asc.}$ 1,96	2,80	2,80	Verifica
												$U_{desc.}$ 1,72			

## Anexo M. Soluções Construtivas – Hipótese II



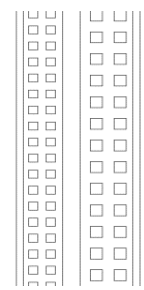
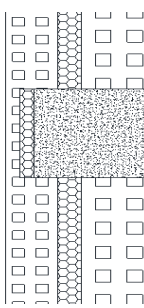
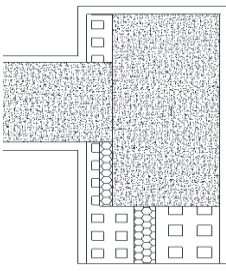
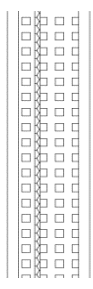
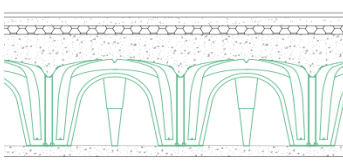
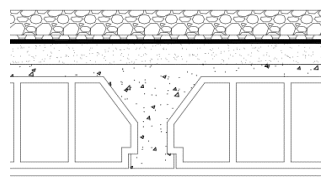


Carateristicas da Envolvente da Habitação - Hipótese II

Elemento Construtivo	Pormenor Construtivo	Constituição									Espessura total [cm]	U [W/m2.°C]	Umax [W/m2.°C]	Uref [W/m2.°C]	Verificação
		Revestimento interior [cm]	Alvenaria interior [cm]	Poliestireno [cm]	Lámina de Ar [cm]	Betão Armado [cm]	Laje aligeirada [cm]	Betão leve [cm]	Alvenaria exterior [cm]	Revestimento Exterior [cm]					
Parede Exterior		2,00	11,00	3,00	2,00	----	----	----	15,00	2,00	35,00	0,54	1,75	0,40	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Pilar		2,00	3,00	3,00	----	25,00	----	----	----	2,00	35,00	0,83	0,90	----	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Viga		2,00	3,00	3,00	----	25,00	----	----	----	2,00	35,00	0,83	0,90	----	Verifica
Paredes Interiores – Zona de ENU		2,00	7,00	4,00	----	----	----	----	----	2,00	15,00	0,64	1,75	0,40	Verifica
Pavimento		1,00	----	6,00	----	10,00	----	2,00	----	0,00	19,00	0,50	1,25	0,35	Verifica
Cobertura		2,00	----	3,00	----	----	25,00	5,00	----	6,00	41,00	$U_{asc.}$ 0,73	1,25	0,35	Verifica
												$U_{desc.}$ 0,69			
Envidraçados Verticais		----	----	----	----	----	----	----	----	----	2,20	2,10	Sem requisitos	2,80	Verifica
Envidraçados Horizontais		----	----	----	----	----	----	----	----	----	2,20	$U_{asc.}$ 1,96	Sem requisitos	2,80	Verifica
												$U_{desc.}$ 1,72			

## Anexo N. Soluções Construtivas – Hipótese III



Carateristicas da Envolvente da Habitação - Hipótese III

Elemento Construtivo	Pormenor Construtivo	Constituição									Espessura total [cm]	U [W/m2.°C]	Umax [W/m2.°C]	Uref [W/m2.°C]	Verificação
		Revestimento interior [cm]	Alvenaria interior [cm]	Poliestireno [cm]	Lámina de Ar [cm]	Betão Armado [cm]	Laje aligeirada [cm]	Betão leve [cm]	Alvenaria exterior [cm]	Revestimento Exterior [cm]					
Parede Exterior		2,00	11,00	0,00	5,00	----	----	----	15,00	2,00	35,00	0,96	1,75	0,40	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Pilar		2,00	4,00	2,00	----	25,00	----	----	----	2,00	35,00	1,03	1,75	----	Verifica
Paredes Exterior – Zona de PTP – Viga		2,00	4,00	2,00	----	25,00	----	----	----	2,00	35,00	1,03	1,75	----	Verifica
Paredes Interiores – Zona de ENU		2,00	10,00	1,00	----	----	----	----	----	2,00	15,00	1,20	1,75	0,40	Verifica
Pavimento		1,00	----	2,00	----	10,00	----	2,00	----	----	15,00	1,11	1,25	0,35	Verifica
Cobertura		2,00	----	1,00	----	----	25,00	5,00	----	6,00	39,00	$U_{asc.}$ 1,19	1,25	0,35	Verifica
												$U_{desc.}$ 1,10			
Envidraçados Verticais		----	----	----	----	----	----	----	----	----	2,20	2,10	Sem requisitos	2,80	Verifica
Envidraçados Horizontais		----	----	----	----	----	----	----	----	----	2,20	$U_{asc.}$ 1,96	Sem requisitos	2,80	Verifica
												$U_{desc.}$ 1,72			